magnésio ou o pó de calcário (que passe no crivo N.º 200 da ASTM na proporção de pelo menos 65%) e cuja função é, como se sabe, a de endurecer e dar corpo ao produto borracha/asfalto e baixar o custo do tapa-juntas. Claro está que a adição do elastómero ao asfalto melhora consideravelmente as características de flexibilidade, elasticidade e ductilidade do tapa-juntas, assim como a sua coesão e a adesão às partes do pavimento ou da estrutura a vedar. Mas, neste caso, convém adicionar sempre a conveniente proporção de borracha e especificar o seu tipo. Segundo parece as mais indicadas são as borrachas de Neopreno e a borracha clorada (reclaimed rubber). Este género de tapa-juntas por aplicação local a quente é, actualmente, mais barato que os perfis preformados e introduzidos sob compressão na junta, pelo menos no seu custo inicial. No entanto, há ainda questões básicas que estão por por decifrar convenientemente ou em vias de investigação, tais como sejam: o tipo correcto de asfalto e a quantidade mais conveniente da borracha para se obter a melhor resiliência, flexibilidade, coesão e adesão ao pavimento; o estudo do método de ensaio mais rigoroso para determinar o teor da borracha e do asfalto; se o tapa-juntas deve apresentar uma superfície lisa ou ser ligeiramente granitado; o estudo das características de relaxação e recuperação, assim como o efeito da forma da junta nestas propriedades; etc. [1,2].

No que respeita aos elastómeros em perfis pré-formados, instalados usualmente em compressão, podem ser do tipo denso ou esponjoso, e são actualmente concorrentes sérios dos tapa-juntas do tipo anterior. As juntas anelares em Neopreno (Vedantes) são ranhuradas ao longo do comprimento com cordões vulcanizados (raccordments) e são muito usadas, por ex., na ligação de tubos em betão. Segundo a bibliografia comercial as suas características de elasticidade variam pouco entre os — 20°C e 40°C e apresentam também elevada resistência ao envelhecimento. São fabricadas em grande variedade de diâmetros, para tubos em betão centrifugado, vibrado, ou vibro-pressionado. Os perfis de estanquicidade em neopreno do tipo celular ou esponjoso são também fabricados com variados formatos e tamanhos. Geralmente são de forma quadrada ou rectangular ,e podem ser auto-colantes para facilidade de colocação em obra. Os perfis de Neopreno para tapa-juntas, como veremos mais adiante (cap. 2.2), têm normalmente formatos típicos e são «armados» com barretas de tal modo que possuam a máxima elasticidade, boa acomodação na junta, e possibilidade de fácil relaxação. A altura e largura destes perfis são muito variadas e nalguns o diâmetro pode ir até cerca de 6 cm, para um movimento total da junta desde 3 mm até 15 mm (Vid. por ex. «Manual SIKA SIKA INTERNATIONAL, «ZÜRICH). As colas para fixação dos perfis de Neopreno, ou de outros tipos de borrachas, sob quase todos os materiais de construção porosos e não porosos (betão, alvenaria, gesso e argamassa, madeira e derivados, vidro, metais, plásticos, etc.) são geralmente do tipo «colas de contacto», a solvente volátil, pelo que se deve ter sempre o cuidado no que respeita a perigo de incêndio durante a sua aplicação. A cola é geralmente espalhada com brocha dura sobre as duas partes a reunir, previamente sãs e secas. São colas que duram cerca de 1 ano em recipiente bem fechado sem perderem a eficiência.

A função adequada dum tapa-juntas depende essencialmente do movimento a que se deve acomodar na respectiva junta e do formato desta. De modo geral, como parte de toda uma estrutura, as juntas podem agrupar-se nos seguintes principais tipos estruturais:

1.1 — Juntas de estruturas que não são sujeitas a pressão de fluidos, tais como a maior parte do edifícios, pontes, armazéns, paredes de retenção ou de suporte, etc.;

1.2 — Juntas em estruturas sujeitas a pressão de fluidos, tais como em depósitos, tanques, barragens, canais, etc.;

1.3 — Juntas em pavimentos de estradas e auto-estradas, pontes, aeroportos, etc.

Sob o ponto de vista estrutural e vedante (independentemente do pormenor de formato e do seu uso final) as juntas podem classificar-se, de acordo com a sua função principal, como segue:

1.3.1 — *Juntas de construção (controle)* — Que são propositadamente feitas para regular a fissuração que pode ocorrer devido à inevitável, e muitas vezes impervisível, contracção das unidades estruturais do betão. São frequentemente usadas para devidir unidades de estruturas de grande dimensão e relativamente delgadas como por exemplo: pavimentos e soalhos, guarnição ou forro de canais, paredes em pequenos painéis, etc. As juntas de contracção nas estruturas são, por vezes, designadas de «controle» porque são intencionais para regular a colocação em obra. No caso do betão, estas juntas podem formar, como se sabe, uma separação completa que divida a unidade original em duas ou mais unidades estruturais. Quando esta junta não é espaçosa pode conseguir-se alguma continuidade pela interposição de certos agregados; mas, para manter uma boa continuidade, sem restrição na liberdade de movimentação, é necessária uma inter-ligação com um tapa-juntas adequado.

1.3.2 — *Juntas de expansão (isolamento)* — São destinadas a prevenir a colisão, ou aperto, e a distorção, incluindo deslocamento, arqueamento, empenamento, etc. São frequentemente usadas para isolar as paredes dos pavimentos e dos telhados, as colunas, as lages do pavimento com os encontros ou os pilares das pontes e para outros locais onde não seja desejável a retenção ou a transmissão de forças secundárias na estrutura. Muitos projectistas consideram de boa prática prever estas juntas quando as paredes mudam de direcção, tal como em estruturas de forma em LTYU, e quando se deparam diferentes secções cruzadas. As juntas de expansão são também designadas por juntas de isolamento, visto que, geralmente, isolam os elementos que se encaminham em direcções diferentes.

1.3.3. — *Juntas de construção e para fins especiais* b São as juntas provocadas pelas interrupções na colocação do betão em obra, ou na colocação de unidades pré-fabricadas. Conforme o projecto da estrutura elas podem funcionar, ulteriormente, como juntas monolítica com as peças solidamente ligadas uma à outra afim de manter a completa integridade da estrutura.

Há ainda juntas especiais que permitem uma acção de charneira, (rotação) mas nas quais a separação das unidades vizinhas é limitada por barras de ligação ou pela continuidade do aço das armaduras através da junta. Esta designação é muito usada nos pavimentos em que as juntas longitudinais assim funcionem para evitar arqueamento ou empenagem.

1.3.4 — *Fendas* — Se bem que as juntas no betão sejam previstas para evitarem fissuração ou fendas, é aparentemente impossível, por diversas razões, evitar fendas ocasionais entre as próprias juntas. No que respeita ao problema de selagem ou vedação, estas fendas devem ser consideradas como juntas de contracção, com alinhamento e forma irregulares. A selecção do tapa-juntas mais conveniente para reparar as fendas, e o seu método de colocação, seguem as directrizes da respectiva junta equivalente. Ocorre no entanto, um problema adicional quando a água se escoar através da fenda e a face não possa ser alcançada para colmatagem. Afim de que a vedação se possa efectuar com sucesso deve interromper-se, de qualquer modo, a corrente de água. A execução dos vários processos e operações para este efeito requer normalmente experiência e conhecimentos especializados.

Sai fora do âmbito deste pequeno trabalho informativo entrar em pormenores sobre os tipos de formações de juntas nas diferentes estruturas; assim como das características específicas dos diversos materiais usados como tapa-juntas nas variadas circunstâncias de utilização e trabalho; ou dos defeitos e cizões mais importantes que atingem correntemente os tapa-juntas em serviço e a sua consequente reparação. Para o estudo detalhado destes e outros assuntos pode recorrer-se a alguma bibliografia da especialidade existente no LNEC [3,4,5]. No entanto, será talvez útil transcrever aqui, na forma de quadros-resumo, os principais tipos de materias usados para tapa-juntas e vedantes, as suas principais características, e a escolha dos mais indicados para cada utilização prática, de acordo com as indicações do «ACI Committee 504 — Guide to Joint Sealants for Concrete Srucures».

1.4 — Transcrevem-se estes elementos porque parece terem muito interesse, não só como elucidação geral sobre a qualidade dos vedantes e tapa-juntas para as diferentes utilizações práticas como também para focar uma primeira comparação entre os produtos do Neopreno e outros materiais para o efeito. No quadro 1, classificam-se os produtos mais usados para tapa-juntas e suas caarcterísticas de grupo. O quadro 2 indica os vários materiais pré-fabricados, ou pré-formados, que se usam como tapa-juntas, ou como vedantes e selantes diversos, considerando as suas propriedades mais signifcativas para uso prático. O quadro 3 é um guia geral para escolher os tapa-juntas e vedantes em cada tipo de estrutura e utilização prática mais específica.

2 — OS PRODUTOS DE NEOPRENO COMO TAPA-JUNTAS EM ESTRUTURAS RODOVIÁRIAS

2.1 — *Borrachas de Neopreno. Características gerais*

Os dois principais monómeros para fabrico das borrachas sintéticas são, além do isopreno, o butadieno e o seu derivado clorado 2 — clorobutadieno, também designado por cloropreno. A polimerização de qualquer destes — no estado puro ou em conjunto com outros monómeros tais como o nitrilo acrílico e o estireno — conduz a uma variedade de elastómeros sintéticos que ultrapassaram as características da borracha natural para utilização prática em muitas circunstâncias. Os elastómeros obtidos por polimerização dos butadieno foram primeiramente introduzidos no mercado pela Alemanha, sob as designações comerciais muito conhecdas de «Buna, Bua N, e Buna S, correspondentes, respectivamente, ao butadieno puro e aos seus copolimeros com o nitrilo e com o estireno. A outra família de elastómeros obtidos a partir do cloropreno foi principalmente industrializados nos U.S.A. e na Rússia, com várias designações ou marcas comerciais, tas como o «Neopreno» da Du Pon e o «Sovprene» desenvolvido pelos russos.

As matérias primas de base para obtenção do cloropreno não o ácido clorídrico e o acetileno, o qual se polimeriza, em presença de cloreto cuproso e de amónio, dando o dímero (mono-vinilacetileno) e trímero (di-vinilacetileno):

$$5\ CH \equiv CH \xrightarrow[NH_4\ CL]{Cu_2\ CL_2} \underbrace{H_2C = CH = C = CH}_{\text{mono-vinilacetino}} + \underbrace{H_2C = CH - C \equiv C - CH = CH_2}_{\text{di-vinilacetileno}}$$

$$\downarrow + CU_2CL_2 \quad + CLH \qquad\qquad \downarrow$$

$$\underbrace{(CH_2 - CH = C - CH\text{-}_x}_{\alpha\text{-poli-cloropreno (Neopreno)}} \xleftarrow{\text{Polimer.}^{\text{ão}}} \underbrace{H_2C = CH - C = CH_2}_{\text{Cloropreno (conjugado)}} \qquad \text{Óleo sicativo sintético (SDO)}$$

$$CL$$

O mono-vinilacetileno comporta-se como um dieno conjugado, e, portanto, reage facilmente por adição com o ácido clorídrico à temperatura ambiente, ou ligeiraramente mais elevada, formando o derivado clorado, ou cloropreno. A sua polimerização conduz ao poli-cloropreno, ou «Neopreno», que é um líquido volatil incolor, com PE = 59,4°C e densidade 0,958. Esta polimerização expontânea de cloropreno é interrompida pela precipitação com alcool, ou por coagulação por outros processos, obtendo-se um α-polimero, de natureza termoplástica, que se assemelha à borracha natural em muitas das suas propriedades físicas e mecânicas. Pode ser esmagado em moinho de rolos, tal qual a borracha, e é solúvel em hidrocarbonetos aromáticos. Tanto a simetria molecular como o carácter estritamente linear das macromoléculas — confirmado pela análise de difracção de raios XX — assemelha, de facto, o poli-cloropreno ao poli-isopreno (borracha natural) e ao poli-isobutileno (borracha butilo). Em contraste com os polímeros sintéticos do butadieno, não apresenta qualquer cruzamento entre as cadeias das macromoléculas, pelo que é esmagado mais facilmente do que as borrachas do tipo «Buna». No entanto, este μ-Policloropreno pode ser transformado na forma *α-policloropreno*, que já contém certo número de ligações cruzadas entre as cadeias, formando um reticulado. Mas, ao contrário do que acontece na vulcanização vulgar de outros elastómeros, processada com o enxofre, neste caso do Neopreno as ligações inter-cadeias são *ligações directas carbono--carbono*. Assim, o enxofre não serve como agente de vulcanização do policloropreno; mas, com certos tipos de neopreno, ele pode actuar como acelerador tal como, por ex., na adesão ao cobre. Várias outras substâncias actuam como catalizadores, ou aceleradores, desta «vulcanização directa» (cruzamento directo em as cadeias macromoleculares) tais como o óxido de zinco, óxido de magnésio, e aminas primárias aromátcas. Os fenois poli-hidroxilados, tal como o resorcinol, actuam como ultra-aceleradores. Parece que os óxidos metálicos (ou os hidroxilos) reagem com os átomos de cloro das cadeias adjacentes formando «pontes» e acelerando a vulcanização:

$$-\overset{|}{\underset{|}{C}}-CL+MgO+CL-\overset{|}{\underset{|}{C}}- \longrightarrow -\overset{|}{\underset{|}{C}}-O-\overset{|}{\underset{|}{C}}+Mg\ CL_2$$

Para estabilizar o α-policloropreno em longos períodos de armazenagem pode usar-se um inibidor de vulcanização tal como, por ex., a fenil-β naftilamina.

O Neopreno vulcanizado (μ-policloropreno) é superior à borracha natural na resistência a solventes, óleos, calor, luz e aos oxidantes em geral. Quando convenientemente inibidos, com ingredientes adequados, os produtos vulcanizados do neopreno possuem uma não-inflamablidade relativamente elevada. Têm boa resistência à tracção, ao desgaste, à flexão, e absorvem bem as vibrações — pois que a vulcanização não chega a ponto de adquirirem uma dureza tão elevada como, por ex., no caso da ébonite. Sem adição de outros materiais o μ-policloropreno é um elastómero incolor ou levemente amarelado, mas se a polimerização ocorrer em presença de ar a cor torna-se escura. A densidade a 20°C é de 1,23 e o índice de retracção $N_D^{20} = 1.5512$. Alonga-se cerca de 800 por cento antes de partir, e tem uma resistência à tensão de, pelo menos, 140 kg/cm² no ponto de rotura (2000 lbs/in²). (Em comparação, segundo o Manual da SIKA * as faixas ou cintas elásticas em resina vinílica termoplástica (PVC) possuem uma resistência à tracção de, pelo menos, 125 kg/cm² e um alongamento de rotura de cerca de 300%).

O Neopreno vulcanizado apresenta uma resistência notável ao envelhecimento e a muitos produtos químicos; bastante maior do que a da borracha natural. Comercialmente, há um tipo de Neopreno para uso mais geral e diversos graus especiais, inclusivé na forma de emulsão aquosa (latex de neopreno). Como já se disse, fabricam-se também co-polimeros do cloropreno com outros materiais também polimerizáveis, principalmente com o nitrilo acrílico, o isopreno, e o estireno, formando uma família de elastómeros com características variadas e um tanto diferentes das do Neopreno simples. Em resumo tanto em indicações da bibliografia ao nosso alcance como em referências comerciais de produtos do «Neopreno», se reconhece que esse tipo de elastómero, no estado puro ou co-polimerizado, é um dos que possui melhores características de resistência ao desgaste, a óleos e solventes, e com particular mérito quanto a [6,7,8].

2.2 — *O Neopreno como tapa-juntas em pavimentos rodoviários*

Os selantes e tapa-juntas de policloropreno (Neopreno) foram dos primeiros elastómeros a aparecer na indústria de construção e obras públicas. Abstraindo do seu uso — muito importante — para misturar com os asfaltos (neopreno termoplástico), os selantes de policloropreno, puros podem ser ainda fornecidos sob a forma de dois componentes, separados, para serem misturados na altura da aplicação, conforme a técnica usual. Estes produtos aplicados a frio só podem acomodar-se a um movimento moderado da junta (cerca de 25%) com boa recuperação. Têm uma dureza Shore de cerca de 35 a 40, boa coesão e, em certas formulações, possuem boa resistência à imersão em água. As suas principais desvantagens (quadro 4) são um endurecimento relativamente lento e alguns problemas de cor e de aplicação. Por outro lado, os neoprenos termoplásticos e/ou catalizados a frio possuem boa adesão tanto ao betão de cimento como às misturas asfálticas, o que é uma característica rara nos outros tipos de elastómeros.

A associação da borracha de policloropreno com outros polímeros sintéticos semelhantes em estrutura tal como o «Hypalon») melhorou apreciavelmente a retenção de cor e a resistência à água, tornando o seu uso mais extensível para a vedação de juntas em piscinas, convés de navios, etc.

* — MANUEL SIKA — PPRODUITS. SIKA INTERNATIONAL, ZÜRIC.

No quadro seguinte indicam-se as principais vantagens e desvanagens do Neopreno-Hypalon para enchimento de juntas, conforme opiniões indicadas pelos consumidores.

QUADRO 4 — VANTAGENS E DESVANTAGENS DOS TAPA-JUNTAS «NEOPRENO-HYPALON»

Vantagens	*Desvantagens*
Muito impermeável à água Permanece flexível Boas propriedades elastómeras, dentro do seu tipo. Boa resistência química aos óleos e ozono e também ao calor Boa resistência à abrasão	Tempo de endurecimento um tanto elevado para adquirir as propriedades elastómeras (cura) Estabilidade na embalagem relativamente fraca Alto grau de conracção no tipo para aplicação a seringa

A esperança média de vida (útil) dum selante de neopreno (1 parte) é de cerca de 5 anos, mas não para tráfego. As suas principais características técnicas indicam-se no quadro 5. A comparação destas propriedades com as de outros tipos de tapa-juntas foi feita por John Philips Cook em «Construction Sealant and Adhesives» (Table 4.1 and 4.2) [3].

QUADRO 5 — PROPRIEDADES DOS SELANTES DE NEOPRENO (NÃO PARA TRÁFEGO)

Propriedades	*Neopreno (1 parte)*
Tempo de secagem ao tacto	15 — 30 min.
Tempo de endurecimento (em junta de 6,3 × 6,3 mm)	cerca de 30 dias
Resistência à tensão	100 — 200 psi
Alongamento	20 — 40%
Dureza Shore A, inicial	50 — 65
Recuperação depois de 100% de alongamento	22
Temperatura em serviço contínuo	50 a 100 °C
Propriedades de imersão em água	relativamente fracas *
Resistência a ácido diluído	fracas
Resistência a solvente	boa
Resistência ao fogo	boa
Propriedades de isolamento eléctrico	fracas
Propriedades de envelhecimento	fracas

Contudo estes tapa-juntas de Neopreno puro não têm muito interesse para usar em pavimentos rodoviários. No entanto, como se sabe, o uso do policloropreno para misturar com os asfaltos é muito importante para preparar tapa-juntas aplicados a quente. Estes tapa-juntas asfalto/borracha são ainda dos mais usados tanto em estradas de 1.ª classe como nas ruas de vilas e cidades.

Quanto aos tapa-juntas de borracha pré-fabricados (ou pré-formados) o seu uso tem, nos últimos anos concorrido bastante com o processo clássico de enchimento das juntas, com asfaltos ou asfaltos/borracha, aplicados a quente, ou com outros elastómeros catalizados a frio. Os vedantes e tapa-juntas em perfis usados nas juntas de pavimentos para tráfego, com considerável sucesso. Outro desenvolvimento recente é a junta «pré-selada», a qual consiste em duas chapas de aço inoxidável e um empanque em neopreno que é comprimido entre elas até ficar com determinada largura. Este dispositivo é vibrado no interior do betão fresco, como operação final no trabalho de pavimentação.

Sabe-se que as juntas de expansão nos pavimentos funcionam duma maneira um tanto diferentes das juntas de isolamento nas construções. Enquanto estas sepa-

* — Melhorável com outros elastómeros (Vid. «Neopreno-Hypalon»)

ram a estrutura em duas unidades que se ligam num plano, as juntas dos pavimentos rodoviários devem permitir o movimento numa direcção longitudinal ou vertical. Em adição às forças causadas por expansão e contracção, a junta do pavimento é também sujeita ao constante embate das rodas dos veículos automóveis, o que exige dela um esforço extraordinário. Uma junta de expansão é, por necessidade, uma junta provocada e bem mais extensa que a junta de contracção ou isolamento; a sua largura podia variar entre 20 mm a 50 mm o que depende, geralmente, do espaçamento entre elas. Compreende-se que tenha havido, e continue a haver, um esforço muito maior no estudo de tapa juntas para este campo específico de aplicação, eespecialmente auto-estradas, pontes e aeródromos. Daí resultou um avanço considerável dos tapa-juntas pré--formados, e das juntas pré-seladas,para este domínio de utilização prática.

A título de exemplo indica-se a seguir uma especificação para tapa-juntas pré-formado de policlopreno (Neopreno) que parece adequada para controlar as características de qualidadee satisfazer o seu comportamento eficiente na maioria das circunstâncias práticas [10].

2.2.1 — *Tapa-juntas pré-formado*

O tapa-juntas deve ser um selante elástico do policloropreno (neopreno), de fraca cristalização, compatível com betão e resistente à abrasão, oxidação, óleos, gasolina, sais e outras substâncias que possam ser entornadas ou aplicadas na superfície. O tapa-juntas deve ter um formato tal que quando instalado com abertura mínima da junta fique de tal modo comprimido que permaneça bem seguro e haja um mínimo de espaços vazios. O material deve estar de acordo com os requisitos indicados no quadro seguinte (quadro 6), e deve ser instalado com uma «cola lubrificante, especificada.

2.2.2 — *Cola lubrificante*

A cola lubrificante deve ser constituída por policloropreno, a um só componente, contendo apenas resinas fenólicas (solúveis) misturadas com anti--oxidantes e ácidos, numa mistura solvente de hidrocarbonetos aromáticos. Deve satisfazer às seguintes propriedades físicas:

— Peso por litro — 939,2 gr ± 5% (7,84 lb/Gal);
— Sólidos totais 24 a 26%, em peso;
— Viscosidade (Brookfield) a 25°C, haste agitador N.° 2 a 10 rpm — 7000 a 75000 cps;
— A cola deve manter-se fluida desde — 15°C a 100°C (5°F a 100°F)
— Resistência da película (ASTM D-412):
  — Resistência à tensão, min. — 2300 psi
  Alongamento min. à rotura — 750 %
— Os espécimes de ensaio constituídos por duas peças de liga de alumínio (6061 calibre 0.064) coladas entre si (junta colante de 2,5 cm de largura e 1,2 cm de sobreposição), e ensaiados ao fim de 14 dias, devem dar uma resistência mínima de:
  Resistência dinâmica — 1300 psi a 21°C e 32°C
  Resistência estática (1 minuto) — 700 psi a 21°C e — 32°C
  Resistência estática (1 minuto) — 700 psi a 21°C e — 32°C

Cada lote da cola deve ser fornecido em recipientes devidamente marcados com o nome ou marca comercial do fabricante e a data do fabrico, e deve ser acompanhado com o certificado de ensaio do fabricante atestando a conformidade com esta especificação.

2.3.1 — *Aplicação nas estradas e pontes*

Como já se referiu — e se pode verificar nos quadros para classificação e selecção de tapa-juntas — os materiais mais usados como selantes em pavimentos de auto-estradas e de pontes são os polímetros termoplásticos introduzidos a quente (asfaltos-borracha), e, em menor escala, os polímeros termo-endurecíveis em solução orgânica e catalizados a frio (alcatrão-polissulfureto, ou poliuretano-alcatrão). Os materiais formulados com os polissulfuretos líquidos parecem ter as características físicas requeridas para uma tapa-juntas efectivo. A dureza Shore A, a 25°C, está normalmente compreendida entre 10 a 15; não escorre a temperaturas altas; retêm a flexibilidade e a extensibilidade a — 30°C; endurece rapidamente sendo capaz de efectuar ligação química ou mecânica à temperatura de cerca de 5°C. É um produto tixotrópico e capaz de suportar a invasão de partículas estranhas. O Neopreno *líquido* parece falhar sob o ponto de vista de coesão, talvez por causa de conter apenas 60% de matéria sólida e exibir portanto numa perda de volume considerável [8].

A par destes produtos, e em concorrência com eles, estão os tapa-juntas em Neopreno pré-formados, instalados em compressão na junta.

Os asfaltos com borracha do policloropreno (Neopreno): são ainda os mais usados, em pavimentos rodoviários, e talvez «abusados». já se disse que devem conter, pelo menos a 20 a 25% de borracha, de preferência Neopreno ou estireno-butadieno (SBR), de endurecimento normal e moídas à dimensão de 30 malhas. Podem tolerar perfeitamente uma temperatura de cerca de 205°C e tapar convenientemente as juntas por um período de cerca de 5 anos. Tem boa adesão ao pavimento de betão nem necessidade de usar um primário-colante; e com a borracha de Neopreno satisfaz-se também suficientemente a adesão directa aos pavimentos betuminosos. Segundo dados americanos, estes tipo de selante, por fusão a quente, pode ser instalado ao custo de 20 a 30 centimos por cada cm de junta. Mesmo que tenha de ser renovado ao fim de 5 anos torna-se ainda dos mais económicos, além de que a sua aplicação é bem familiar.

QUADRO 6 — CARACTERÍSTICAS DUM TAPA-JUNTAS DE NEOPRENO PRÉ-FORMADO, A INSTALAR EM COMPRESSÃO (a)

Propriedade	*Proc. de ensaio ASTM*	*Requisito (Transversal ou longitudial)*
Resistência à tensão, min. (psi)	D — 412	2000
Alongamento à rotura, min. (%)	D — 412	250
Dureza, Durómetro Tipo A	D — 676	55 ± 5
Permanência à rotura, máx. (%)	D — 412	10
Permanência, máx. (%): 22 h/70°C 70 h/100°C	D — 395, Method B	 15 40
Envelhecimento em estufa, 70 h a 100°C Resistência à tracção, variação máx. (%) Alongamento, variação máx. (%)	D — 573	 — 30 — 40
Dureza, varia máx. de pontos		+ 10
Inchamento em óleo (óleo ASTM N.° 3, 70 h/100°C): Variação máx. de volume (%)	D — 471	80
Resistência ao azono, tensão a 20%, 300 pphm no ar, 70 h/38°C (b)	D — 1149	Não deve fender
Endurecimento a baixa temperatura, min de °F para alcançar o módulo de 700 kgf/cm² (10000 psi)	D — 1053	— 30

(a) — Todos os provetos usados nos métodos de ensaio devem sr cortados dum tapa-juntas de compressão, extrudado.
(b) — Limpar com solvente para retirar qualquer contaminação da superfície.

A melhor fonte de matéria prima para obter a borracha a baixo custo parece ser os pneus usados, se bem que o custo da borracha não seja sempre um factor preponderante no preço destes tapa-juntas. Aquilo que os encarece mais em relação dos asfaltos puros é o maior trabalho e consumo de energia para o aquecimento, mistura e agitação dos materiais. Mas como pode fazer-se a preparação no próprio local do emprego, misturando directamente a borracha no recipiente do asfalto, não só o custo fica reduzido como também o tipo, quantidade e graduação da borracha podem ser controlados de tal modo que sejam praticamente eliminadas as variáveis de fabrico. Por consequência são facilmente asseguradas as características destes tapa-juntas borracha/asfalto e a sua constância de qualidade.

Quanto aos elastómeros de Neopreno puro (a solvente volátil e catalizados a frio), além de mais caros, não foram ainda usados com verdadeiro sucesso nas juntas rodoviárias. Contudo, podem ser facilmente aplicados, com máquina misturadora e seringa apropriadas, à razão de cerca de 6 a 7 m de junta por min.; mas devem ser fornecidos em dois componentes separados, porque os produtos a uma só parte demasiado lentamente para a necessidade prática.

Os tapa-juntas de Neopreno, pré-formados: são os tipos e formatos variados, embora os mais comercializados sejam, como já se disse, os formatos rectangulares ou quadrados, em divisa (chevron), e em forma de V. Apenas a título de exemplo nas figuras 1, 2 e 3 indicam-se as secções transversais mais comuns destes tapa-juntas,e dois formatos típicos para pavimentos e para pontes [4,5,9].

As principais vantagens e desvantagens dos tapa-juntas pré-formados consideram-se geralmente como sendo as seguintes:

Vantagens: (1) É a melhor maneira de manter a incompressilidade fora da junta; (2) Fácil de instalar sem requerer uma limpeza excessiva da junta; (3) Dá origem à melhor selagem de juntas até agora conhecida.

Desvantagens: (1) Não elimina a água para fora da junta; (2) Necessita que as paredes da junta sejam bem direitas e firmes para funcionar bem; (3) Há níveis e distriuições de forças desconhecidas dentro do tapa-juntas; (4) É de custo inicial bastante caro.

Estes tapa-juntas pré-formados devem ser convenientemente instalados para funcionarem nas melhores condições; especialmente não devem ficar torcidos nem esticados. Quanto ao custo inicial pode elevar-se de 1 a 3 e mesmo 4 dólares por cada 30 cm de comprimento da junta ($1 a $4/ft) e a sua instalação mecânica faz-se-á razão de cerca de 6 m por minuto. Porém, se puderem funcionar eficientemente durante 20 anos — o que parece ser o caso — não era economicamente

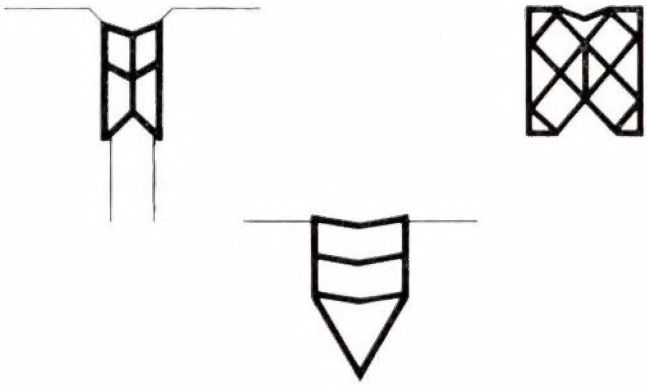
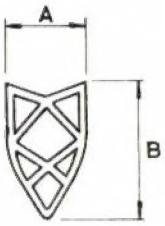
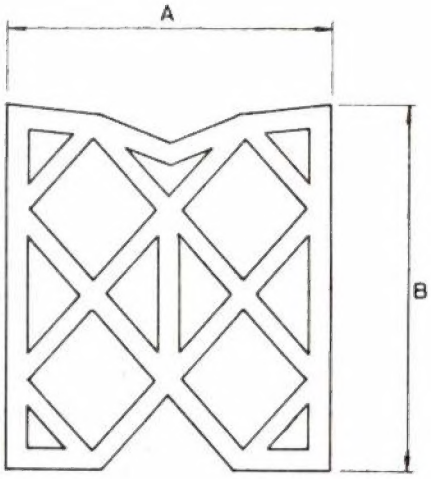


Fig. 1 — Secções transversais de formatos mais correntes para tapa-juntas pré-formados de Neopreno



A	B
11,1 (7/16)	19,1 (3/4)
14,3 (9/16)	26,2 (1 1/32)
17,5 (11/16)	28,6 (1 1/8)
20,6 (13/16)	28,6 (1 1/8)
20,6 (13/16)	34,5 (1 3/8)
25,4 (1)	44,4 (1 3/4)
31,8 (1 1/4)	34,1 (1 11/32)
41 3 (15/8)	36,5 (1 7/16)

Fig. 2 — Tapa-juntas pré-formado para pavimentos



A	B
44,5 (1 3/4)	50,8 (2)
50,8 (2 1/4)	52,4 (2 2/16)
63,5 (2 1/2)	70,9 (2 3/4)
76,2 (3)	86,5 (3 13/32)
81,6 (4)	99,9 (4 23/32)
127,0 (5)	152,4 (6)
152,4 (6)	156,6 (7 1/16)

(dimensões em milímetros e polegadas)

Fig. 3 — Tapa-juntas pré-formado típico para pontes

desfavoráveis. A sua principal desvantagem, em relação aos tapa-juntas normais de introdução a quente, seria então a necessidade de serragem e preparação das paredes laterais da junta, de maneira a encaixar devidamente o tapa-juntas.

Os perfis de Neopreno são comerciáveis nos tipos denso e esponjoso. Têm boa resistência ao óleo, à água, e a uma variada gama de ácidos e solventes. A resistência das borrachas Neopreno à radiação ultravioleta e ao ozono é excelente. A dureza (Shore) do Neopreno denso varia de 40 a 60 e aumenta 10 a 20 pontos para temperaturas negativas, o que torna até difícil a sua instalação em tempo muito frio. Por outro lado, estes altos valores da dureza impedem o tapa-juntas de Neopreno de se acomodar, por ele próprio, às irregularidades das paredes da junta, pelo que é indispensável utilizar um pré-colante adequado, e proceder ao conveniente alisamento dos lados da junta. Tanto a resistência à tracção como o alongamento do Neopreno são muito boas e é especialmente importante a sua característica de recuperação, que coloca este elastómero em posição preponderante para estado de compressão nas juntas. De facto, os tapa-juntas de Neopreno pré-formados podem ser comprimidos durante longos períodos com apenas uma ligeira relaxação. Há casos em que os perfis de Neopreno denso, instalados em compressão, funcionaram mais 20 anos com eficiência.

O Neopreno celular, ou esponjoso, é muito macio (a dureza Shore não é mensurável) e pode usar-se com algum sucesso em juntas com paredes irregulares sem ser para tráfego. A resistência química é comparável ao do tipo denso; a recuperação é boa mas não deve ser instalado com uma compressão superior a 40% da dimensão.

Pelo que respeita a trabalhos de estrada, por exemplo, o custo inicial da selagem duma junta com produtos de Neopreno, pré-formados e em compressão, é cerca de 10 vezes superior à selagem com tapa-juntas do tipo asfáltico. Os trabalhos de construção civil com tapa-juntas de Neopreno pré-formados ficam cerca de 3 vezes mais caros que com os elastómeros de aplicação com seringa. Mas a ausência de equipamento de mistura e espalhamento (por vezes custoso e complexo em certos casos), a não restrição de temperaturas de aplicação, salvo casos muito excepcionais, o facto de não haver necessidade de reparação dos tapa-juntas pré-formados e a sua simplicidade geral, etc., são tudo factores a ter em conta na escolha do processo de vedação das juntas por este processo, ou pelos outros processos de moldagem «in loco». Há ainda outras possibilidades de reduzir o custo da selagem com tapa-juntas pré-formados: geralmente, as juntas estreitas são cortadas facilmente evitando maiores despesas; devido à sua simplicidade as operações de vedação podem ser efectuadas simultâneamente com outros trabalhos, etc. Por isso, em poucos anos, o custo efectivo da vedação por compressão foi reduzido em cerca de 50%, principalmente devido à produção em série dos tapa-juntas pré-formados. Há ainda novos materiais em estudo que, se obtiverem êxito, podem proporcionar tapa-juntas pré-formados a custos comparáveis aos dos tapa-juntas asfálticos hoje disponíveis, por unidade de comprimento de junta.

As juntas de pontes são difíceis de colmatar convenientemente visto que, como já se disse, os tapa-juntas ficam sujeitos às diversas direcções de forças que podem fazer movimentar o pavimento. Se as juntas não ficarem devidamente tapadas podem adquirir condições bastante prejudiciais para a circulação nas pontes, além de se tornar muito dispendiosa a sua reparação. O problema mais sério é, normalmente, o escoamento da água; e a tal ponto que, a este respeito, certas juntas das pontes se assemelham mais, sob o ponto de vista funcional, às juntas isolantes das construções do que às de expansão em pavimentos. São juntas através de toda a estrutura, isto é, que separam completamente a ponte do pavimento contínuo. A acção de travagem do tráfego automóvel é também responsável por certo movimento na ponte, o qual origina uma tensão dinâmica nos tapa-juntas de um dos topos, e uma compressão nos do outro topo. Não se conhece bem o efeito destas forças, mas é sabido que, com o tempo, há uma deformação longitudinal da estrutura, a qual, só por si, pode tornar necessária a reparação ou re-selagem no período de alguns anos (3). Sabe-se também que os pavimentos das pontes são mais susceptíveis às variações térmicas dos que os pavimentos correntes das estradas .A estrutura da ponte é exposta a variações de temperatura tanto pelo lado de baixo como superiormene e nos topos. Portanto as pontes respondem mais depressa às mudanças de temperatura do que os pavimentos normais. Outro factor que deve ser considerado no desenho e na tapagem das juntas é o desvio da estrutura da ponte; os principais elementos estruturais são alinhados com a direcção do tráfego de modo que as contracções e dilatações térmicas se dêm nesta direcção. O efeito dos desvios é sujeitar o tapa-juntas a corte longitudinal, assim como o esforço de tensão e compressão. Esta combinação de esforços na junta torna difícil, como se disse, a sua vedação, porque os tapa-juntas do tipo pré-formado tendem a encorcovar e a sair para fora da junta, enquanto que os tapa-juntas por enchimento a quente ou a frio são sujeitos a uma acção de «despelagem» que tende a cindir a ligação adesiva do tapa-juntas ao betão.

Os materiais actualmente mais usados para tapa-juntas de pontes (vid. quadros 1, 2 e 3) são os elastómeros com dureza Shore entre 15 a 25 (para prevenir a picagem por areias) e com um alongamento de 150%, o que é especialmente crítico nas juntas das pontes. Devem possuir também uma boa recuperação, isto é, depois de o material ter sido esticado durante 24 horas consecutivas deve recuperar pelo menos 75% em relação à posição inicial. Acima de tudo, o tapa-juntas deve possuir excelente adesão ao betão de cimento e/ou betuminoso. Porém, se o movimento calculado para as juntas da ponte exceder 12,7 mm ($^1/_2$ in) não é usual aplicar um tapa-juntas do tipo elastómero, salvo em pontes com tramos curtos. Nas pontes com estruturas de tramos médios e compridos são quase na generalidade usados os perfis pré-formados. Actualmente a

maioria são perfis confeccionados com o Neopreno, ainda que se tenham já desenvolvido, para o efeito, outros elastómeros tais como os terpolímeros etileno--propileno (EPT), etc. Estes tapa-juntas pré-formados evitam que se infiltre grande quantidade de água pela junta mas não são completamente à prova de água. A este respeito é muito importante, como se disse, atender a certos detalhes da sua colocação em obra.

2.3.2 — *Aplicação nos aeroportos*

Devido à diferença na espessura do pavimento (cerca de duas vezes a dos pavimentos das estradas) a resposta às variações de temperatura no pavimento dos aeroportos é mais lenta do que nas estradas. Isto demanda também uma construção diferente da junta, e o pavimento é geralmente formado por painéis quadrados com cerca de 7,5 m de lado (25 ft.). não há aqui uma diferença real entre juntas longitudinais e transversais. Devido à espessura relativamente pequena da junta e à grande espessura do pavimento não há (ou há muito pouca) ondulação acentuada dos pavimentos dos aeorportos. Quase todo o pavimento pode ser atribuído às variações de humidade e temperatura.

As condições a impor aos materiais a usar para tapa-juntas nos aeroportos serão substancialmente as mesmas que para os usados nas juntas das estradas, excepto no que se refere à resistência a gasolinas, em especial nas áreas dos parques e rampas de serviço de abastecimento dos aviões. Visto que os asfaltos não são resistentes à gasolina, naturalmente que os tapa--juntas serão, neste caso, constituídos pelo elastómero puro, ou por um polissulfureto-alcatrão. Recentemente já se usam vários tapa-juntas do tipo uretano-alcatrão, e também os perfis pré-formados para instalação em compressão — muito embora o desenvolvimento deste tipo de tapa-juntas, no campo específico dos aeroportos, tenha sido mais lento que nos pavimentos de pontes e auto-estradas. No caso dos aeroportos militares, e actualmente mesmo nos civis, os motores a jacto são montados com um pequeno ângulo de incidência, de maneira que há um cone dos gases de escape directamente em direcção ao pavimento. Por consequência os polímeros termoplásticos, ou de aplicação a quente, não serão a melhor escolha para tapa-juntas de aeroportos militares.

3 — RESUMO E CONCLUSÃO

Uma breve síntese da bibliografia mais importante sobre materiais para tapa-juntas leva à conclusão de que o uso apropriado da borracha de policloropreno (neopreno) é de aconselhar para tapa-juntas em pavimentos rodoviários, à face dos conhecimentos actuais. De facto, as características mecânicas e químicas destes elastómeros — tais como a resistência à compressão, a elasticidade e recuperação, a resistência à abrasão e ao corte em estrias, assim como a resistência química aos óleos, ozono, luz solar e envelhecimento — parecem conduzir à sua escolha para tapa-juntas a utilizar em condições de serviço relativamente severas, como sejam as pontes e rodovias. Várias outras borrachas sintéticas mais usuais parecem ser deficientes em qualquer uma das propriedades importantes a conferir aos tapa-juntas; embora outros elastómeros, tais como os polissulfuretos e as borrachas uretano, possam ser preferidas nalguns casos especiais. No entanto há em estudo o uso de novos terpolímeros que, a darem os resultados precisos, podem vir a suplantar estas borrachas especialmente para a preparação de perfis para tapa-juntas pré-formados.

Geralmente há que optar, consoante os casos, pelos tapa-juntas de introdução a quente (moldados); ou por elastómeros sintéticos solúveis em solvente orgânico e endurecidos a frio (catalizados); ou ainda pelos perfis pré-fabricados e a instalar em compressão nas juntas (tapa-juntas pré-formados). No primeiro caso, a borracha (usualmente pneus usados) é misturada ao asfalto em proporção conveniente (20 a 25% e a mistura, aquecida, é introduzida directamente na junta da maneira habitual. No segundo caso, os elastómeros e catalizador ou endurecedor) para misturar na altura da aplicação. Finalmente, os perfis especiais, forçadamente, dentro da junta, de maneira a ficarem sob compressão a acompanharem o movimento desta nas suas dilatações e contracções.

A esperança média de vida útil dos tapa-juntas, moldados de borracha/asfalto em pavimentos rodoviários é de cerca de 5 anos, enquanto os perfis pré-formados do neopreno podem atingir os 20 anos, ou até mais. Segundo dados americanos os tapa-juntas borracha/asfalto encarecem relativamente pouco em relação aos asfaltos puros e podem ser instalados ao custo de 20 a 30 cêntimos por cada 30 cm de junta. Mesmo que tenham de ser renovados ao fim le 5 anos tornam-se ainda dos mais económicos para juntas rodoviárias. A sua aplicação é bem familiar mas um pouco mais complicada que a dos asfaltos puros devido à necessidade de preparar a mistura a quente. Os tapa-juntas do tipo moldado a frio (catalizados) não foram ainda usados com verdadeiro sucesso nas juntas rodoviárias. Contudo, com máquina misturadora e seringa, apropriadas, podem ser facilmente aplicados à razão de 6 a 7 metros de junta por minuto. Mas devem ser fornecidos em dois componentes separados porque os produtos de 1 só parte endurecem lentamente para a necessidade prática do tráfego.

Os tapa-juntas pré-formados são de custo inicial bastante elevado (1 a 3 ou 4 dólares por cada 30 cm de junta) e a sua instalação mecânica faz-se à razão de cerca de 6 metros de junta por minuto. Em trabalhos de estradas, o custo inicial da vedação duma junta com perfis de neopreno em compressão é cerca de 10 vezes superior à vedação com tapa-juntas do tipo asfáltico. Em trabalhos de construção civil os tapa-juntas de neopreno pré-formados ficam cerca de 3 vezes mais caros que os elastómeros sintéticos de aplicação com seringa. Mas há vários factores que podem concorrer para reduzir estas diferenças de custo; ese os tapa-juntas pré-formados do neopreno puderem funcionar durante 20 anos, mantendo a eficiência das juntas dos pavimentos, não

serão economicamente desfavoráveis em muitos casos. Daí que recentemente se tenham tornado alvo da maior atenção e desenvolvimento e se estudem também outros polímeros sintéticos, além do policloropreno, para fabricar estes perfis a menores preços.

BIBLIOGRAFIA

[1] B. J. Gudrson; «Bridge Expansion Joint Sealants. Highway Research Record, N.° 320 1970. Highway Research Board; National Academy of Sciences, Washington D. C., (1970).

[2] R. J. Dzimian; Hot-poured Sealants. Highway Research Record, N. 320 ob. cit.

[3] John Philip Cook. Construction Sealants and Adhesives. Wiley-Interscience, New-York — London (1970).

[4] Guide to Joint Sealants for Concrete Structures. Reported by ACI Committee 504. Jornal of the American Concrete Institute,N.° 7 Proceedings, vol. 67, Julho (1970).

[5] Joints and Sealants; A Symposium and Other Papers. Highway Research Record, N.° 80. Highway Research Board of the National Academy of Sciences, Washington DC (1965).

[6] R. L. Wakeman. The Chemistry of Commercial Plastics. Reinhold Pub 1. Corp., New-York (1947).

[7] J. T. Nielsen. Plastics and Elastomers Based ou Raw Materials From Petroleum.

[8] Delmonte. Technology of Adhesives. Hafner Pub1. Comp., New-York — London (1965).

[9] John P. Cook; The Photoelastic Stress Analysis of a Preformed Compression Seal. Highwday Research Record, N.° 320 ob. cit.

[10] StewartC. Watson; Perfomance of a Compression Joint Seal. Highwag Research Record, N.° 80. ob. cit.

[11] Essais de vieillissement accéléré ou en service simulé du caoutchonc vulcanisé naturel ou synthétic. Recommandation ISO R 188, Fev. 1961.

QUADRO 1 - MATERIAIS USADOS PARA TAPA-JUNTAS, ABERTAS PELO MENOS NUMA DAS SUPERFÍCIES - SUAS CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

Grupo	Moldado					Pré-formado
		Termoplástico		Termo-endurecível		
Tipo	I - Mastique	II - Aplicado a quente	III - Aplicado a frio	IV - Endurecido químicamente	V - Liberação do solvente	VI - Selante por compressão
COMPOSIÇÃO	(A) Óleos siccativos (B) Óleos não siccativos (C) Asfalto de baixo P.F. (D) Polibutenos (E) Polisobutilenos - Todos usados com cargas tais como amianto em fibra ou materiais silicosos. Contêm todos 100 % de sólidos, excepto (D) (E) que podem conter solvente.	(F) Asfaltos (G) Borracha-asfalto (H) Pez (I) Alcatrões do carvão (J) borracha-alcatrão - Contêm todos 100 % de sólidos	(K) Borracha-asfaltos (L) Vinílicos (M) Acrílicos - K contém 70-80 % de sólidos. L,M contêm 75-90 % de sólidos. Todos contêm solvente, (K) pode ser uma emulsão com 60-70 % de sólidos.	(N) Polissulfuretos (O) Polissulfureto-alcatrão (P) Poliuretano (Q) Poliuretano-alcatrão (R) Silicones (S) Epoxílicos - (N),(R) contêm 95 a 100 % de sólidos. (O),(Q),(S) contêm 90 a 100 % de sólidos. (P) contém 75-100 % de sólidos (N),(P),(R) podem ser a um ou a dois componentes. (O),(Q),(S) são a dois componentes.	(T) Neoprene (U) Butadieno-Estireno (V) Polietileno clorosulfonado - (T),(V) contêm 80-90 % de sólidos. (U) contém 85 a 90 % de sólidos.	(3) Borracha Neoprene
Cores	(A), (B) Variadas (C) Apenas preto (D), (E) Limitadas	Apenas preto	(K) Apenas preto (L),(M) variadas	(N),(R),(S) Variadas (O),(P) Limitadas (Q) Apenas preto	(T) Limitada (V) Variadas	Preto; as superfícies expostas podem ser tratadas para dar cores variadas.
Secagem e endurecimento	Não endurecem; permanecem viscosos: (A), (B) formam pela na superfície exposta.	Não endurecem; solidificam por arrefecimento. Amolecem ao serem aquecidos; endurecem por arrefecimento.	Não endurecem; solidificam ao evaporar o solvente ou a água. (M) permanece mole excepto na pele superficial.	Catalização para os sistemas a dois componentes. Endurecimento pela humidade para os sistemas a um componente.	Eliminação do solvente	
Resistência ao envelhecimento	Baixa	Moderada	Moderada	Alta	Alta	Alta
Aumento de dureza (1) com a idade (2) a baixa temperatura	Alto Alto	Alto a moderado Alto a moderado	Alto Alto	(S) Alto; (N)(O)(P)(Q)(R) moderado (S) Alto; (N)(O)(P)(Q)(R) Baixo.	Alto	Baixo
Recuperação	Baixa	Moderada	Baixa	(N)(O) Moderada; (P)(Q)(R) Alta; (S) Baixa	Baixa	Alta
Resistência ao desgaste	Baixa	Moderada	Moderada	(P)(Q)(R)(S) Alta; (N)(O) moderada	Moderada	Alta
Resistência à intrusão de sólidos	Baixa	Baixa a altas temperaturas	Baixa a altas temperaturas	Alta	Baixa	Alta
Contração depois da instalação	Alta	Variável	Alta	Baixa	Alta	Nada
Resistência Química	Alta, excepto aos solventes e óleos combustíveis	(F)(G) Alta, excepto aos solventes e óleos combustíveis. (H)(I)(J) Alta, e resistência aos óleos combustíveis.	(K) Alta, excepto solventes e óleos combustíveis. (L)(M) Alta excepto alcalis e oxiácidos.	(N)(P) Baixa aos solventes, óleos e oxiácidos; (O)(Q) Baixa aos solventes e moderada aos óleos; (R) Baixa aos alcalis; (S) Alta.	Baixa aos solventes, óleos e oxiácidos.	Alta
Módulo a 100 % de alongamento	Não aplicável	Baixo	Baixo	(R)(O)(P)(Q) Baixo; (R) Alto; (S) não aplicável.	Moderado	
Extensão e compressão permissíveis	± 3 %	± 5 %	± 7 %	± 25 %, excepto (S)	± 7 %	Pode ser comprimido a 45-85 % da sua largura original
Outras propriedades	(A)(B)(D)(E) não manchem (D)(E) pegajosos ao nó Uso em sítios dissimulados	Devido ao amolecimento em tempo quente usável apenas em juntas horizontais.	(K) usável em juntas inclinadas	(N)(P)(R)(S) não manchem	(U)(V) não manchem (V) bom vedante ao pó e vapor	
Custo inicial unitário	(A)(B)(C) Muito baixo (D)(E) Baixo	(F)(G)(H)(I)(J) Muito baixo	(K) Muito baixo (L) Baixo (M) Alto	(O)(Q) Alto (N)(P)(R)(S) Muito alto	(T)(U)(V) Baixo	(3) Alto

QUADRO 2 - MATERIAIS PRÉ-FORMADOS USADOS EM TAPA-JUNTAS E VEDAÇÕES DIVERSAS

Materiais pré-formados usados para enchimento			Materiais pré-formados usados para vedantes		
Tipo e Composição	Propriedades significativas na aplicação	Usos e formatos comerciais	Tipo e Composição	Propriedades e usos essenciais	Instalação
(1) Borracha Butílo, de endurecimento convencional.	Alta resistência à água, vapor e intempérie. Possíveis formulações para baixa deformação permanente e módulo de elasticidade dando alta coesão e recuperação. Rijo e resistente; cor preta mas pode ser pintável.	Vedantes de água; selante para fendas; colante em pó sensível à pressão; fitas adesivas contra água para vidrados e paredes de cortina. Adquirível na forma de perolas, rodas, tubos, folhas, fitas e formatos especiais, etc.	(11) Borracha Natural (a) Esponjosa (b) Sólida	Enchimento de juntas de expansão; fácilmente compressível e com boa recuperação; alvéolos fechados; não absorciva. A borracha sólida pode funcionar como filler mas é principalmente usada como esponjas	A alta flexibilidade pode originar problemas na instalação. Nas juntas de construção utilisa-se uma cola para ligação ao primeiro material colocado.
(2) Butílo-crú, polímero modificado com resinas e plastificantes	Alta resistência à água, vapor e intempérie; Boa adesão a superfícies lisas (metais, vidro, plásticos). Moldável in situ mas resistente à remoção; dura e coesiva; cor preta pintável	Selante para vidrados; cobrencaição das costuras dos metais; painéis de paredes de cortina, etc. Comerciavel em perolas, fitas, esponjas, cordão (grommets), etc.	(12) Neopreno ou Butílo, esponjoso (tubos)	Quando é necessária resiliência em juntas largas. Confrontar a compatibilidade com selantes para efeitos de manchamento.	Pressionada dentro da junta por meio de ferramenta manual.
(3) Borracha Neopreno de endurecimento convencional	Alta resistência ao óleo, água, vapor e intempérie; baixa deformação permanente; cor preta mas podem incorporar-se outras cores superficiais.	Vedantes de água; selantes para vidros; isolamentos de linhas auxiliares de serviço; tapa-juntas tensão-compressão; esponjas, etc. Comerciavel em pérolas, rodas, tubos, folhas, cranes, fitas, formatos especiais, e em espumas mais ou menos celulares ou compactas.	(13) Neopreno ou Butílo, esponjoso (barra)	Usado nas juntas mais estreitas, tal como as juntas de contração dos revestimentos de canais e pavimentos.	Pressionada dentro da junta com ferramenta manual ou rolo
(4) Cloreto de polivinilo termoplástico moldagem ou extrusão. (PVC)	Alta resistência à água e vapor, mas resistência química moderada; possível formulações para baixa deformação permanente e módulo de elasticidade, dando alta coesão e recuperação; Duro; pode ser amolecido por aquecimento. Cor-pigmentada preto, castanho, verde, etc.	Vedantes de água; esponjas; selante e enchimento de fendas. Comerciavel em perolas, rolos, tubos, chapas, folhas, esponjas e formatos especiais.	(14) Polietileno expº. Poliuretano, Cloreto de polivinilo, Polipropileno (Espumas flexíveis)	Enchimento de juntas de expansão; fácilmente compressível, boa recuperação. Não absorciva. Compatível com a maior parte dos selantes e tapa-juntas.	Pode ser rigidamente aguentada em toda a extensão durante a betonagem. Pressionada dentro da junta com ferramenta manual.
(5) Poliisobutileno não endurecível	Alta resistência à água e vapor; alta flexibilidade e baixa temperatura; escorre sob pressão; alta adesão, sensível à pressão. Cor preta, cinzenta, branca.	Esponjas; selante para vidros e painéis de paredes de cortina. Comerciavel em pérolas, fitas, esponjas, cordas gomados (gommets).	(15) Polietileno expº. Poliuretano Poliestireno (Espumas rígidas)	Enchimento de juntas de expansão. Utilizada para constituir uma brecha sem deveia de compressão significativa não tem recuperação.	Suportada no lugar durante a betonagem. Nas juntas de construção cola-se ao primeiro material colocado. Às vezes retira-se depois da betonagem quando já não for necessária.
(6) a) Borracha Estireno-Butadieno b) Borracha Nitrilo-Butadieno	Alta resistência à água Alta resistência ao óleo	Vedantes de água; esponjas para isolamento de tubos. Comerciaveis em pérolas, rolos, folhas, fitas, esponjas, cordões e formatos especiais; esponjas compactas ou celulares.	(16) Cortiça impregnada de betume ou resinas	Enchimento de juntas de expansão. Fácilmente compressível e resiliente. Não é compatível com a maior parte dos selantes não asfálticos e deve ser isolada.	Suportada no lugar durante a betonagem ou unida ao material precedente. As placas são facilmente molestadas quando manejadas sem cuidado.
(7) Poliuretano, espuma impregnada com polibutileno	Baixa recuperação a baixa temperatura; pode ser instalada em juntas húmidas; cor preta.	Esponjas; tapa-juntas de compressão. Comerciavel em tiras esponjosas de células abertas.	(17) Betonite, ou Cortiça desidratada	Filler com propriedades auto-selantes. A absorção de água devoia da aplicação provoca inchamento do material. A cortiça pode ser comprimida mas a bentonite é incompressível.	A cortiça é disponível em forro à prova de água. A betonite é um pó solto ou introduzido nas placas para forro.
(8) Borracha Natural (Vulcanizada)	Alta resistência à água mas deteriora-se quando exposta ao ar e sol (intempérie); Baixa resistência ao óleos e solventes; Cor preta.	Vedantes de água; esponjas para tubos Formatos em folhas e propositados.	(18) Madeira-Cedro, mogno, pinho, castanho, etc. Aglomerados	Enchimento de juntas de expansão muito usado no passado. Incha por absorção de água. Não é tão compressível como outros fillers e com menor recuperação. As madeiras naturais devem ser isentas de nós.	Rígidas e manidas facilmente em alinhamento durante a betonagem.
(9) Metais: (a) Cobre (b) Aço inox. (c) Chumbo (d) Bronze	(a) Ductil e flexível, mas endurece com o esforço de flexão e fractura. (b) Rígido; pode ser enrugado na forma de V ou U para acomodar qualquer movimento quando fixado. (c) Deforma-se fácilmente mas não tem elasticidade na deformação sob a acção de movimento	(a), (b) Vedantes de água (c) protecção para as margens das juntas em pavimentos. (d) Divisor de painéis nos toros dos pavimentos. Comerciaveis em folhas e tiras; o chumbo também fundido ou filaça.	(19) Impregnados betuminosos	Bastante usados como enchimento para juntas de expansão. Tem recuperação moderada devoia de compressão. Não podem ser comprimidos mais do que 50 % porque exprele o betume.	Razoàvelmente rígido para manter o alinhamento durante a betonagem, ou colocado contra o material precedente.
(10) Borracha-asfalto, pré-formados	Borracha natural (8), Butílo (1), ou Neopreno (3) digerida em asfalto. Alta viscosidade, alguma elasticidade. Moldável in situ.	Como alternativa para os tapa-juntas borracha-asfalto, termoplásticos (II G, III K), aplicados a quente ou a frio; esponjas para tubos. Comerciaveis em pérolas, rolos folhas e tiras. Esponjas para II G e III K.	(20) Metal, ou Plástico	Enchimento de juntas de expansão, usados apenas em aplicações especiais. Folhas inertes para os selantes, mas forma irregular.	Instaladas tal como a madeira ou seus derivados. A folha é amachucada e colocada na junta.
			(21) Fibra de vidro IE mineral	Enchimento de juntas de expansão. Feita na forma de placas ou tábuas por impregnação com betume ou resinas. Fácilmente comprimidas. Também como inerte sem impregnação de modo que não molesta o material selante	Instaladas tal como a madeira e seus derivados. Na forma de forro, ou material embalado livremente, ou em cordão.
			(22) Estopa, Juta, (fio e cordão)	Material tradicional para encher juntas antes de instalar o selante	Calcado na junta até à profundidade requerida.
			(23) Cimento Portland (Calda e argamassa)	Usado nas juntas das unidades pré-fabricadas e tubos para encher a restante lacuna quando não seja de esperar movimentação, e algumas vezes por detrás dos vedantes de água	Assentamento (argamassa) Injecção (calda)

QUADRO 3 - GUIA PARA SELECÇÃO DOS TAPA-JUNTAS E VEDANTES, MENCIONADOS NOS QUADROS 1 E 2, CONSOANTE AS UTILIZAÇÕES MAIS ESPECÍFICAS

TIPO DE UTILIZAÇÃO		MOLDADO "in situ"					PREFORMADO			
		I-Mastiques	Termoplásticos		Termo-e duroçível		VI-Selagem por compressão	VII-Vedantes (Waterstops)	VIII-Empanques (Gaskets)	IX-Diversos
			II-Aplicado a quente	III-Aplicado a frio	IV-Endurecido químicamente	V-Libertação do solvente				
Estruturas que não são sujeitas a pressão de fluidos: ex.: Edifícios, armazéns, pontes, paredes de retenção, etc: (NOTA 3)	. Aparelhos e massas vidraceiro	A B D E		L M	N P R S	T U V	3		1 3 4 5	1 2
	. Painéis prefabricados	A B D E		M	N P R	T V	3		1 3 4 5 7	1 2 10
	. Paredes (juntas verticais)	A B D E			N P R	T V	3 7		7	10
	. Convés		F G		N O P Q	T V	3 7		7	10
	. Soalhos em geral				N O P Q		3			1 4 9d
	. Pavimentos industriais		G H	K	N P Q		3			1 3 9a
	. Pavimentos com óleo e solventes		H I J		N O Q S		3			1
	. Serviços								3 6	11
	. Pontes		G		N O Q		3 7			10 3(NOTA 2)
	etc.									
Recipientes sujeitos a pressão de fluidos: ex.: Depósitos de água ou estruturas de escoamentos: (NOTA 3)	. Guarnição de canais	C	G	K	O		3	1 4		
	. Tubos préfabricados	C	G						1 3 4 5 6 8	10
	. Tanques e tubos monolíticos	C	G	K	N O P		3	1 3 4 6 8 9ab		10
	. Piscinas		G		N P		3	1 3 4 6		
	. Barragens				O P		3	4 9ab		
	. Paredes e tetos com água por fora		G	K	N O P		3	1 3 4 6 9b		3 (NOTA 2)
	etc.									
Pavimentos, ex.:	. Pressões		F G	K	N O P Q		3			
	. Auto-estradas		G		N O Q		3			
	. Aeroportos		G		O Q		3			
	. Áreas com derrame de gasolinas		H J		O Q					
	etc.									
Fendas	. Cimentação de fendas			K	S					2)
Estruturas (mencionadas) em que o movimento da junta é: (NOTA 4)	. Nulo ou muito pequeno — Juntas de contracção	A B C D E	F G H I J	K L M	N O P Q R S	T U V	3	1 3 4 6 8 9ab	1 3 4 5 6 7 8	1 2 9cd
	. Pequeno — Juntas de contracção		F G H I J	K L M	N O P Q R	T U V	3	1 3 4 6 8 9ab	7	
	. Grande — Juntas de expansão				N O P Q R		3	3 4		
	. Muito grande — Juntas de expansão						3			3 (NOTA 2)
Vida em armazém: Limitada (1): cerca de 1 ano (D) As amulsões não prejudicadas pelo gelamento		A B C D E (O)	F G H I J (O)	K L M (O)	N O P Q R S (1)	T (O) U V (1)	3 7 (O)	1 9 (O)	1 8 (O)	1 11 (O)
Instalação: Espátula ou trolha (k)		A B (k)(O)(n)	F G H I J (h)	K L (g)(k)(p)	N O P Q R S					1 2 3 4 9d 10 (pp)
Inserção(i);Préaquecimento (h)				M (g) préaquecimento a 40°C	(m)(k)(g)(n)					9c (i)(h)
Misturar-se a dois componentes (m)		D E (g) (n)								
Seringa manual (g): Seringa a pressão (n)										11 (p)
Pré-posição (pp)										

NOTA 1 - O quadro 3 é considerado apenas como um guia geral. Antes de se decidir por um dado material para uma aplicação específica deve ser considerado, em particular, o movimento que se espera venha a ter a junta e um formato conveniente desta.

NOTA 2 - Refere-se a tapa-juntas em tensão-compressão.

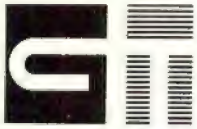
NOTA 3 - Certos tapa-juntas podem conter substâncias tóxicas para a água potável ou produtos alimentares pelo que se deve tomar a precaução mais conveniente.

NOTA 4 - Alguns produtos são igualmente convenientes para as juntas verticais quer para as horizontais. Outros não o são; e muito embora se mantenham no seu lugar em juntas horizontais eles podem escoar-se das juntas verticais em tempo quente, tal como por ex. os asfaltos ou borracha-asfaltos. Alguns produtos são comercializados em dois graus. O grau não escoante é tixotrópico e conveniente para juntas verticais, enquanto o tipo normal (auto-nivelante) é apenas usado nas juntas horizontais.

NOTA 5 - A vida útil para uso, isto é, o intervalo de tempo em que o material pode ser usado depois de misturar os dois componentes separados, é uma característica crítica a que se teve de atender para este tipo de produtos.

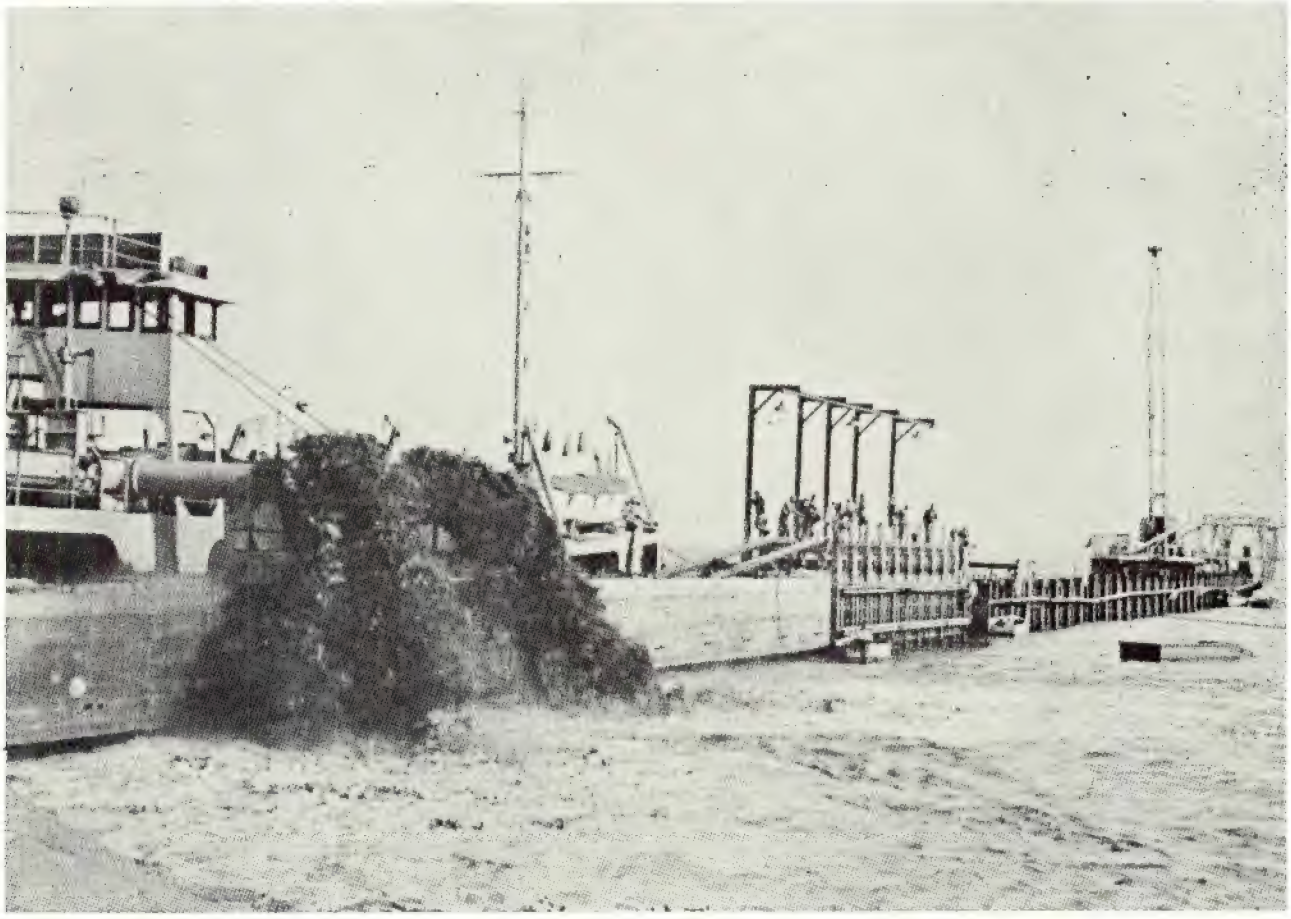
NOTA 6 - Os tapa-juntas moldados "in situ" são normalmente fornecidos na forma de líquido mais ou menos espesso em latas, bidões, ou cartuchame apropriado. Os sólidos para fundir no local são essencialmente as matérias do tipo F G H I J.

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, S.A.R.L.



PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13 - 3.º TELEF. 36 65 06 · LISBOA 2
DELEGAÇÕES: CABO-VERDE · ANGOLA · MOÇAMBIQUE

DIRECÇÃO DE SERVIÇOS DE CAMINHO DE FERRO, PORTOS E TRANSPORTES (DSCFPT)



Moçambique — Porto de Lourenço Marques — Novo prolongamento do cais Gorjão: 600 metros de cortina metálica em concertina, em fundos de (— 12,00).

OBRAS PÚBLICAS
CONSTRUÇÃO CIVIL—INDUSTRIAL E URBANA

PROSPECÇÃO GEOTÉCNICA • FUNDAÇÕES ESPECIAIS • CONSOLIDAÇÕES
OBRAS MARÍTIMAS E PORTUÁRIAS • PONTES E VIADUTOS • SILOS E CHAMINÉS
INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS

Escolhe a corrente transportadora*.

monte a transmissão completa utilizando

OS PRODUTOS

RENOLD

PARA A TRANSMISSÃO DE FORCA

- serie padrão em estoque até 30.000 lbf de carga de ruptura.
- serie padronizada até 85.000 lbf de carga de ruptura.
- fabricamos tambem as correntes até 300.000 lbf.
- Correntes com proteção metalica, não ferrosa, contra a corosão.
- correntes com chapas transportadoras em aço inoxidavel para o transporte de garrafas, latas etc.
- Correntes para a transporte em nivel superior inclusive os tipos bi-planares para operação em planos multiplos.
- correntes de transmissão adaptadas para fins de transporte.

* ou acionamento à corrente, redutor, luva de acoplamento, embreagem, freio, variador de rotação etc.

Informações técnicas sobre a linha completa de produtos RENOLD na:

RENOLD HOLROYD Crofts CARTER

HARKER SUMNER & CIA.LDA.
38 Rua de Ceuta, 48 PORTO
Apartado No. 162. Tél: 27054 (4 linhas)

14 Largo do Corpo Santo, 18 LISBOA-2
Tél: 324823, 35124.

RENOLD

RENOLD LIMITED
SALES DIVISION
MANCHESTER · ENGLAND

C. D. U. 532.517.4:532.574.6

THE EVALUATION OF HOT-WIRE SIGNALS IN HIGHLY TURBULENT FLOWS (*)

D. F. G. DURÃO
J. H. WHITELAW

SUMÁRIO

Várias sugestões para a interpretação do sinal do fio quente em escoamentos de alta intensidade de turbulência são revistos e os seus méritos relativos apresentados.

Conclui-se que os métodos de avaliação baseados em expansão em série, na obtenção de $\overline{U}$ e $\overline{u'^2}$ começam a ser imprecisos quando a intensidade de turbulência é superior a 20% e na obtenção de $\overline{v'^2}$, $\overline{w'^2}$ e $\overline{u'v'}$ esta imprecisão começa a verificar-se quando a intensidade de turbulência ultrapassa 13%.

Descreve-se um novo método que analisa o quadrado do sinal do fio quente linearizado, o qual não tem restrições quando usado em altas intensidades de turbulência. Teoricamente não há limite inferior no uso deste método, mas a experiência dos autores leva-os a recomendar o não uso deste método para intensidades de turbulência inferiores a 20%.

ABSTRACT

Various suggestions for the interpretation of hot-wire signals in highly turbulent flows are reviewed and their relative merits assessed.

It is concluded that evaluation methods based in a binomial expansion become significantly inaccurate in $\overline{U}$ and $\overline{u'^2}$ if the intensity of turbulence is greater than approximately 20% and in $\overline{v'^2}$, $\overline{w'^2}$ and $\overline{u'v'}$ if the intensity is greater than approximately 13%. The magnitude of the errors increases with intensity.

A new method is described which evaluates the squared signal from a linearized hot-wire and has no restriction when used in highly turbulent flows. Theoretically there is no lower limit in using this method but the authors' experience suggests that the method cannot be recommended for intensities of turbulence lower than 20%.

1. INTRODUCTION

Until recently, hot-wire anemometry has been the only quantitative method of measuring fluctuating velocities and their correlations. The principle is simple; a very fine, short metal wire is heated by an electrical current and cooled by the flowing fluid. If the wire, is maintained, for example, at constant temperature, the electrical signal variation is a function of velocity at the location where the wire is placed. Since turbulence is three-dimensional, random and has a wide range of frequencies, it is difficult for a measuring instrument to provide an exact measurement, see (8), (21). The basic problem is the determination of the relationship of the electrical signal to the flow fluctuations. The present paper, reviews the response equations and values of the various «constants» obtained by several authors and attemps to assess their appropriateness.

It is generally accepted that the commonly used evaluation procedures of references (6), (8) (13) are valid only for low turbulent flows; the causes of this limitation are related to the validity of the trunca tion of the bi-nomial expansion employed in the analysis and to the response of the hot-wire to the absolute value of the velocity vector.

The present paper describes an evaluation procedure, based upon that of reference (12), which is more satisfactory for highly turbulent flows and describes the experimental difficulties experienced in its use. The merits of this new procedure are compared with those of the conventional procedures.

2 *Hot-wire Anemometer Response Equation*

The heat transfer of a hot-wire is not amenable to exact analysis see (1), (8) and the large number of parameters involved (heat transfer coefficient, fluid velocity, viscosity, specific mass, specific heat, thermal conductivity, wire diameter, wire length, temperature of fluid and wire, Grashof number, inclination of the wire o the flow, Mach Number) makes correlation difficult.

(*) Lecture presented at the post-experience course: Métodos Numéricos e Experimentais em Transmissão de Calor e Massa, at Núcleo de Estudos de Engenharia Mecânica, Instituto Superior Técnico, May, 1972.

Free convection and radiation effects can usually be neglected when measurements are made away from a wall. Broer, Hoogendoorn and Kortleren (2) investigated the velocity range where free convection can be ignored, by studying the thermal wake behind a horizontal cylinder placed perpendicular to the flow. The velocity at which the thermal wake became horizontal was found experimentaly and it was shown that, for velocities greater than 1 m/s, free convection was negligible. Collis and Williams (7), introduce 5 m/s as the minimum value. Comte-Bellote (8) concluded that, for near ambient temperatures, the heat loss by forced convection is aproximately 10^4 times greater than the heat loss by radiation

One of the first investigations of the relationship between electrical signal and velocity was carried out by King (18) who concluded that for the wires which he used, the formula

$$W = C_1 + C_2 \sqrt{U} \qquad (1)$$

or

$$I^2 = I_0 + KU^{1/2} \qquad (2)$$

(W = heat loss per unit length of wire, I = intensity of current) gave good agreement with measurements. He considered C_1 and C_2 to be functions of temperature alone and concluded that equations (1) and (2) could be used even for wires inclined to the main velocity direction. King used very large length-to-diameter ratios (around 2000) and found C_1 and C_2 (or I_0 and K) by plotting the experimental curve $W = f_1$ (U) (or $I = f_2$ (U)). He also reported a theoretical investigation of the influence of the cooling effect of the terminals and the error due to vibration of the wire, but the conclusions are unclear.

From dimensional analysis, and considering an infinitely long wire (radiation and natural convection negligible) it can be shown that the cooling law of a hot-wire located perpendicular to the flow is

$$Nu = Nu\ (Pr, Re) \qquad (3)$$

A large number of experiments have been performed, to find this relationship which is usually written as

$$Nu = a + b \sqrt{Re}\ , \qquad (4)$$

where a and b are functions of Pr. Compte-Bellot (8) prefered the form

$$Nu = 0.42\ Pr^{0.20} + 0.57\ Pr^{0.33}\ Re^{0.50} \qquad (5)$$

and Hinze (16) and Collis and Williams (7) present additional forms.

If in equation (5) the electrical power supplied to the hot-wire (supposing the metal resistivity to be a linear function of temperature) is considered, it becomes

$$\frac{X\ R_0\ R\ I^2}{\pi\ L\ (R - R_f)K_f} = 042Pr^{0.20} + 0.57Pr^{0.33}\ Re^{0.50} \qquad (6)$$

where

X = coefficient of variation of the metal resistivity with the temperature, in a linear variation law.

R = wire resistance at a wire temperature.

R_0 = wire resistance at 273°K.

I = intensity of current.

L = length of the wire.

R_f = wire resistance at the fluid temperature.

K_f = thermal conductivity of the fluid.

Equation (6) can be written in the form

$$\frac{RI^2}{R - R_f} = A_1 + A_2 \sqrt{U} \qquad (7)$$

where

$$A_1 = 0.42\ Pr^{0.20}\ \frac{\pi^2 K_f\ d^2}{4 \times r_0} \qquad (8)$$

$$A_2 = 0.57\ Pr^{0.37} \sqrt{\frac{d\ \rho}{\mu}}\ \frac{\pi^2 K_f\ d^2}{4 \times r_0} \qquad (9)$$

$$r_0 = \frac{R_0\ \pi\ d^2}{4\ L} \qquad (10)$$

(r_0 = metal resistivity of the wire at temperature=273°K)

Equation (7) can then be identified with equation (2).

From (8) and (9) it can be seen that the I_0 and K of equation (2) are functions of temperature (because the physical parameters are dependent of the temperature). This was observed experimentaly by King.

Equation (7) usually appears in the form

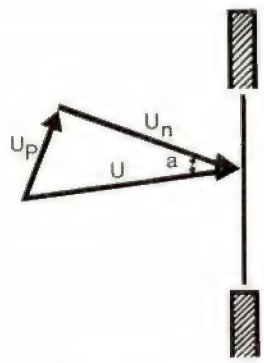
$$E^2 = E^2_0 + B\ (U_n)^n \qquad (11)$$

(U_n = velocity component perpendicular to the wire; E = hot wire voltage) where the King's law, is the parcular case for which the exponent n equals 0.5.

So far, it has been assumed that the wire cooling is independent of the velocity component parallel to the wire; thus, equation (11) can only be used for infinitely long wires. In King's experiments, the length--to-diameter ratio was about 2000 and consequently no influence of this velocity component was seen, but some hot-wires have a ratio of about 250 and the effect of the velocity component parallel to the wire can not be neglected. Consequently new formulae were proposed and are summarised in table 1.

TABLE 1

Formulae	Users
$E^2 = E_0^2 + BU^{0.5}$	King (18)
$E^2 = E_0^2 + BU^n$	Collis and Williams (7) Escudier (15) etc.
$E_\alpha^2 = E_0^2 + BU^{1/2} (\cos^2 s + k^2 \sin^2 \alpha)^{1/2}$	Champagne, Sleicher and Wehrmann (5)
$E^2 \alpha = E_0^2 + BU^n (\cos^2 \alpha + k^2 \sin^2 \alpha)^{n/2}$	Kjellstrom and Hedberg (19)
$E \alpha^2 = E_0^2 + kU^n (\cos \alpha)^m$	Bruun (3)
$E^2 = A + BU^{1/2} + CU$	Siddall and Davis (24)
$E\alpha^2 - E_0^2 = {}_1 (U_n) + {}_2 (U_p)$	Durst (11), (14)



It is important to note that, although the validity of these formulae has been established in steady flow, they are assumed to hold instantaneously. This is a possible weak point in hot-wire analysis.

3. *Evaluation Method for Highly Turbulent Flows*

The usual information required from hot-wire measurements is mean velocity and the normal and Reynolds stresses: this implies, for a two-dimensional situation, the determination of $\overline{U}$, $\overline{V}$, $\overline{u'^2}$, $\overline{v'^2}$, $\overline{w'^2}$ and $\overline{u' v'}$. The usual procedure is to record information from hot-wires in sufficient positions, relative to the flow to allow the relevant equations to be solved for the required unknown flow properties.

The most commonly used method to transform the mean and rms electrical signals into mean and fluctuating velocities makes use of a binomial expansion of the instantaneous response equation with terms higher than first or second order neglected.

The equations for this method can be seen in many references, for example Champagne and Sleicher (6), Durst (12) and Durst, Melling and Whitelaw (13).

Two important difficulties exist in this procedure; concerned with the truncation of the binomial expansion and the other with the hot-wires inability to respond to flow direction.

The truncation of the binomial expansion to include first order terms results in significant errors in $\overline{U}$ and $\overline{u'^2}$ if the intensity of turbulence is greater than approximately 20% and in $\overline{v'^2}$, $\overline{w^2}$ and $\overline{u' v'}$ if the intensity

is greater than approximately 13%. The magnitude of the errors, of course increases with intensity.

The second difficulty can be easily understood with the aid of the figure 1, where the variation of the velocity and voltage with the time is shown. Figure 1 shows that the anemometer does not identify and separate positive and negative velocities, and this happen because the anemometer does not give negative voltage. Negative velocities start appearing for intensities of turbulence around 33%, and cause an error which increases with turbulence intensity if the classic evaluation methods are used.

The new evaluation method presented here can be used in highly flows and restrictions given above are eliminated, as suggested in (12), by evaluating the squared signal from a linearized hot-wire.

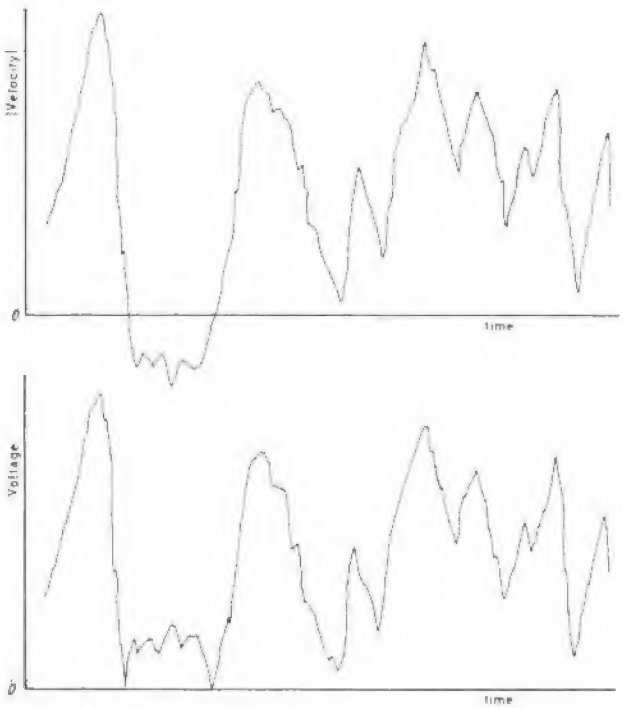


Fig. 1

In this new procedure the binominal expansion is not used and the problem of negative velocities is removed because the squared signal is directly related to the absolute value of the velocity.

The evaluation equations given below are derived for two-dimensional flow situations, of which the case of two concentric jets shown in figure 2, and investigated by the authors (9) (10) is a particular case. The instantaneous velocity can be written as

$$U = (\overline{U} + u')\ i + (\overline{V} + v')\ j + w'\ k \qquad (12)$$

and the instantaneous effective cooling velocity for the hot-wire can be written in the form:

$$U^2_{eff} = U^2_{perp_1} + (k_2 U_{perp_2})^2 + (k_1 U_{paral})^2 \qquad (13)$$

where

U_{perp_1} = velocity component perpendicular to the wire and in the plane of the probe,

U_{perp_2} = velocity component perpendicular to the wire and perpendicular to the plane of the probe,

U_{paral} = velocity component parallel to the wire

k_2 = wire sensibility to U_{perp^2} velocity component

k_1 = wire sensitivity to U_{paral} velocity component

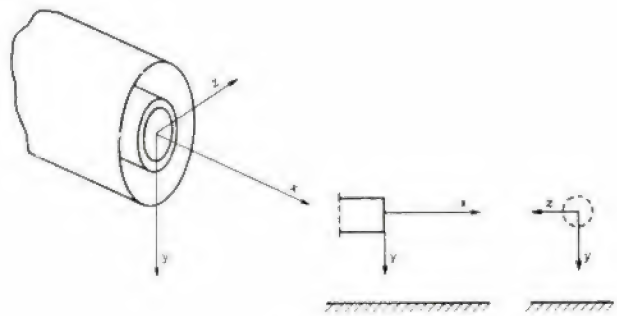


Fig. 2

From figures 3 to 6 the identification of U_{perp_1}, U_{perp_2} and U_{paral} for four different wire positions is possible and the effective cooling velocities are written below:

Normal wire (figure 3)

$$U^2_{eff} = (\overline{U} + u')^2 + [k_2\ (\overline{V} + v')]^2 + (k_1\ w')^2 \qquad (14)$$

$+\ \alpha$ slanting wire in plane XOZ (figure 4)

$$U^2_{eff}\ [(\overline{U} + u')\cos\alpha - w'\sin\alpha]^2 + [k_2\ (\overline{V} + v')]^2 + \left\{k_1\ [(\overline{U} + u')\ \sin\alpha + w'\ \cos\alpha]\right\}^2 \qquad (15)$$

$+\ \alpha$ slanting wire in plane XOY (figure 5)

$$U^2_{eff} = [(\overline{U} + u')\cos\alpha + (\overline{V} + v')\sin\alpha]^2 + (k_2\ w')^2 + \left\{k_1\ (\overline{U} + u')\ \sin\alpha - (\overline{V} + v')\ \cos\alpha\right\}^2 \qquad (16)$$

$-\ \alpha$ slanting wire in plane XOY(figure 6)

$$U^2_{eff} = [(\overline{U} + u')\cos\alpha - (\overline{V} + v')\sin\alpha]^2 + (k_2\ w')^2 + \left\{k_1\ (\overline{U} + u')\sin\alpha + (\overline{V} + v')\cos\alpha\right\}^2 \qquad (17)$$

If a linearizer is used

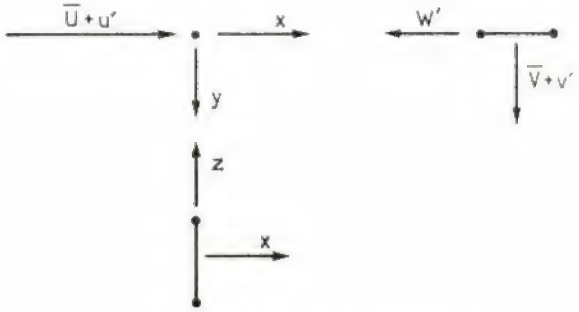
$$E^2 = C^2 \; U^2_{eff} \tag{18}$$

Where C is the slope of the variation of E with U_{eff} when linearization is used, and is is obtained in the calibration rig.

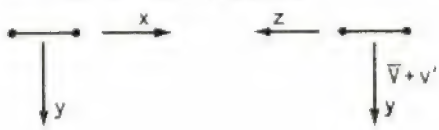
Equations (19) to (22) are obtained if equations 14-18 are combined, time averaged and $\alpha = 45°$ is considered.

$$\left(\frac{\overline{E^2}}{C^2}\right)_n = (\overline{U}^2 + \overline{u'^2}) + k_2^2 \; (\overline{V}^2 + \overline{v'^2}) + k_1^2 \; \overline{w'^2} \tag{19}$$

$$\left(\frac{\overline{E^2}}{C^2}\right)_1 = \frac{1 + k_1^2}{2} (\overline{U}^2 + \overline{u'^2}) + k_2^2 \; (\overline{V}^2 + \overline{v'^2}) + \frac{1 + k_1^2}{2} \overline{w'^2} \tag{20}$$



Figue 3 — Normal Hot-wire



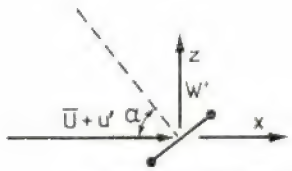


Figure 4 — + α Slanting wire (plane XOZ)

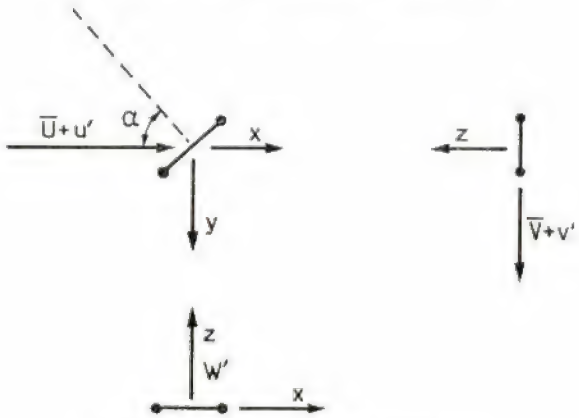


Figure 5 — + α Slanting wire (plane XOY)

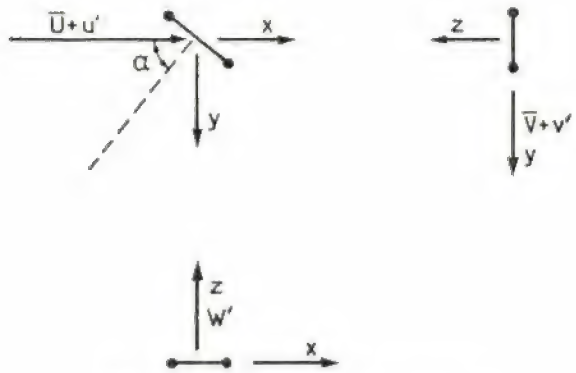


Figure 6 — − α Slanting wire (plane XOY)

$$\left(\frac{\overline{E^2}}{C^2}\right)_2 = \frac{1 + k_1^2}{2} (\overline{U}^2 + \overline{u'^2} + \frac{1 + k_1^2}{2} (\overline{V}^2 + \overline{v'^2}) + k_2^2 \; \overline{w'^2} + (1 - k_1^2) \; (\overline{UV} + \overline{u'v'}) \tag{21}$$

$$\left(\frac{\overline{E^2}}{C^2}\right)_3 = \frac{1 + k_1^2}{2} (\overline{U}^2 + \overline{u'^2}) + \frac{1 + k_1^2}{2} (\overline{V}^2 + \overline{v'^2}) + k_2^2 \overline{w'^2} + (-1 + k_1^2) \; (\overline{UV} + \overline{u'v'}) \tag{22}$$

The equation may be rewritten in a matrix form i.e.

$$\begin{vmatrix} 1 & k_2^2 & k_2^2 & 0 \\ \frac{1 + k_1^2}{2} & k_2^2 & \frac{1 + k_1^2}{2} & 0 \\ \frac{1 + k_1^2}{2} & \frac{1 + k_1^2}{2} & k_2^2 & 1 + k_1^2 \\ \frac{1 + k_1^2}{2} & \frac{1 + k_1^2}{2} & k_2^2 & -1 + k_1^2 \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} \overline{U}^2 + \overline{u'^2} \\ \overline{V}^2 + \overline{v'^2} \\ \overline{w'^2} \\ \overline{U} \; \overline{V} + \overline{u'v'} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} (\overline{E^2} / C^2)_n \\ (\overline{E^2} / C^2)_1 \\ (\overline{E^2} / C^2)_2 \\ (\overline{E^2} / C^2)_3 \end{vmatrix} \tag{23}$$

Equation (23) is the evaluation equation to reduce for each point the hot-wire results $(\overline{E^2})_n$, $(\overline{E^2})_1$ $(\overline{E^2})_2$ and $(\overline{E^2})_3$ measured with hot-wires placed at the same location but in four different orientations relative to the

flow; these orientations are normal wire in YOZ plane, + 45° — wire placed in the XOZ plane, + 45° — wire placed in the XOY plane and − 45° — wire placed in the XOY plane. This method of reducing hot-wire data can give

$$(U + \overline{u'^2}),\ (V + \overline{v'^2}),\ \overline{w'^2} \text{ and } (UV + \overline{u'v'})$$

without assumptions refering to the turbulence level.

The values of C, k_1 and k^2 must be accurately determined by calibration.

There is no theoretical restriction to this method but practically there is a lower limit to the turbulence intensity for which accurate data can be obtained. This limitation stems from errors in measuring C, k_1 and k_2 and the increasing importance of these inacuracies as the turbulence level decreases. The lower limit is, therefore, a function of the experimental error and of the hot-wire calibration; the authors' experience suggests that the method cannot be recommended for intensities of turbulence lower than 20%.

4. *Mean velocity equation*

In the last section it was concluded that is possible to obtain four groups of the six desired unknowns, $\overline{U}$, $\overline{V}$, $\overline{u'^2}$, $\overline{v'^2}$ $\overline{w'^2}$ and $\overline{u'v'}$, without restrictions in the turbulence level, but to solve the complete problem two further equations involving $\overline{U}$ and $\overline{V}$ are necessary. The value of U can be taken from hot-wire or Pitot-readings. The value of $\overline{V}$ can be found knowing the inclination of the stream lines or from the continuity equation. If readings of a normal hot-wire are to be used in order to get $\overline{U}$, series expansion is required and assumptions have to be made.

From equation (14) and (18),equation (24) can be derived.

$$\left(\frac{E}{C}\right)_n = (\overline{U} + u') \sqrt{1 + \frac{k_2^2\ (\overline{V} + \overline{v'})^2 + k_1^2\ \overline{w'_2}}{(\overline{U} + u')_2}} \tag{24}$$

By a bi-nomial series expansion of (24), neglecting fourth order terms, and third order when multiplied by k_1^2 one gets

$$\left(\frac{E}{C}\right)_n = \overline{U}\ \left(1 + \frac{u'}{\overline{U}}\right) \times$$

$$\left[1 + \frac{1}{2}\ \frac{k_2^2\ \dfrac{\overline{V}^2}{\overline{U}^2} + k_2^2\ \dfrac{\overline{v'^2}}{\overline{U}^2} + 2\ k_2^2\ \dfrac{\overline{V}\overline{v'}}{\overline{U}} + k_1^2\ \dfrac{\overline{w'^2}}{\overline{U}^2}}{\left(1 + \dfrac{u'}{\overline{U}}\right)^2}\right] \tag{25}$$

Equation (25) may be averaged and, after a new expansion of $\left(1 + \frac{u'}{\overline{U}}\right)^{-2}$ and neglecting fourth order terms, third order when multiplied by k_1^2 and $\frac{\overline{v'^2 u'}}{\overline{U}}$ equation (26) is obtained

$$\left(\frac{\overline{E}}{C}\right)_n = \overline{U} \left\{ 1 + \frac{k_2^2}{2}\ \frac{\overline{V}^2}{\overline{U}^2} - k_2^2\ \frac{\overline{V}}{\overline{U}}\ \frac{\overline{u'v'}}{\overline{U}^2} + \frac{k_2^2}{2}\ \frac{\overline{V}^2}{\overline{U}^2}\ \frac{\overline{u'^2}}{\overline{U}^2} + \frac{k_2^2}{2}\ \frac{\overline{v'^2}}{\overline{U}^2} + \frac{k_1^2}{2}\ \frac{\overline{w'^2}}{\overline{U}^2} \right\} \tag{26}$$

Equation (26) can be used to obtain the mean velocity.

5. *Values of C, n, k_1 and k_2*

C, n, k or k_1 and k_2 are defined in section 2 and 3.

5.1. *Value of C*

The value of C is obtained from the slope of the linearized curve E (U), see figure 7, measured in the calibration rig i. e. at very low intensities of turbulence. The method described is particularly sensitive to errors in C, and thus, very linear, repetitive and often calibrations are necessary.

5.2. *Value of n*

The value of n deduced by King (18) from a semi-empirical investigation for wires of infinite length was 0.5. Other investigators have proposed different value for n and some are reported in table 2.

Using the linearizer the authors searched for the value of n which, for a specific range of velocities (between zero and maximum velocity for each particular traverse), gave the best straight line for the variation of E^2 with velocity. It can be seen on figure 7 that a straight line could be achieved with an error less than 1% even for a velocity range of 0 — 40 m/s. It was also found that n changed from one wire to another and, for the same wire, with accumulated dirt. For well behaved hot-wires, the value of n giving the best straight line was always in the range of 0.49 — 0.46 for velocities smaller than 40 m/s.

5.3. *Value of k_1 (or k)*

Up to new, no theoretical deduction has been made to obtain the right value of k. A large range of values has been used by different investigators and in table 3 some of them are reported.

The variation found by Champagne, Sleicher and Wehrmann (5) of k with the length/diameter ratio can be explained by the effect of the supports on the velocity component parallel to the wire.

The authors' results are shown on figure 8 and compared with those of Jorgensen (17). A scatter larger than 30% was found for values of k measured with the same wire and flow conditions, in successive measurements. In the computation of the hot-wire measurements made by the author (10) the mean value of the scatter was used, giving k equal to 0.13.

5.4. *Value of k_2*

A correction made to the velocity component perpendicular to the wire and perpendicular to the plane of the probe was recently suggested, see (17), and (23).

This pitch correction used by Rodi (23) was k_2 equal to 1.065 and 1.04 respectively for DISA 55F11 and DISA 55F13 probes.

Jorgensen (17) found k_2 to be nearly independent of the pitch angle around 1.05.

A constant value of 1.05 was used by the author (10).

6. *Conclusions*

6.1. *Linearization*

In spite of disadvantages of this procedure shown by Bruun (4) the gain in the ease of application and evaluation, justifies the employment of a linearizer. If a dynamic calibration, see (22), procedure is arranged linearization does note seem to be possible with the DISA instrument or any other that linearizes the output voltage with a similar function.

6.2. *Validity of the evaluation method used*

Since the instantaneous squared signal is related to $(\overline{U} + u')^2$, $(\overline{V} + u')^2$, w'^2, no truncation errors are introduced by the used procedure for any intensity of turbulence;

TABLE 2

Investigador	n	Velocity m/sec	Comment
Bruun (3)	0.55 0.45	near 0 60	n diminishing when the velocity increases
Champagne, Sleicher and Wehrman (5)	0.5	—	n = constant
Collis and Williams (7)	0.51 0.45	—	n diminishing increasing Re
Durst (11)	0.5 0.45	25 50	n diminishing increasing the velocity
King (18)	0.5	—	n = constant
Kjellstrom and Hedberg (19)	0.55 0.45	0 150	n diminishing increasing the velocity
Laufer (20)	0.50	—	n = constant
Perry and Morrison (22)	—	—	Dynamic calibration is recommended; do not agree with the use of any n.

TABLE 3

Investigator	k	L/d	Velocity m/2	yaw angle	Comments
Bruun (3)	0.35 0.15	400 400	5 to 60	25 75	. k increasing when the yaw angle decreases . no considerable variation with the velocity
Champagne Sleicher and Wehrman (5)	0.2 0	200 600	7 — 35		. k changing considerably with length/diameter ratio, . but not with the velocity
Hinze (16)	0.1 0.3				. k increasing with decreasing velocity
Jorgensen (17)	0.3 0.9	240 240	10 — 30	29 — 90	. k slightly decreases with velocity . k slightly decreases when yaw angle increases . k studying DISA probes . see fig. 8
Kjellstrom and Hedberg (19)	0.25 0		10 120		. k changing with velocity
Rodi (23)	0 0.007 x (7.5 — U)²		U > 7.5 U ≤ 7.5		. k changing with the velocity . and not changing with the yaw angle
Webster (25)	0.2				. large scatter in k but no dependence with L/d

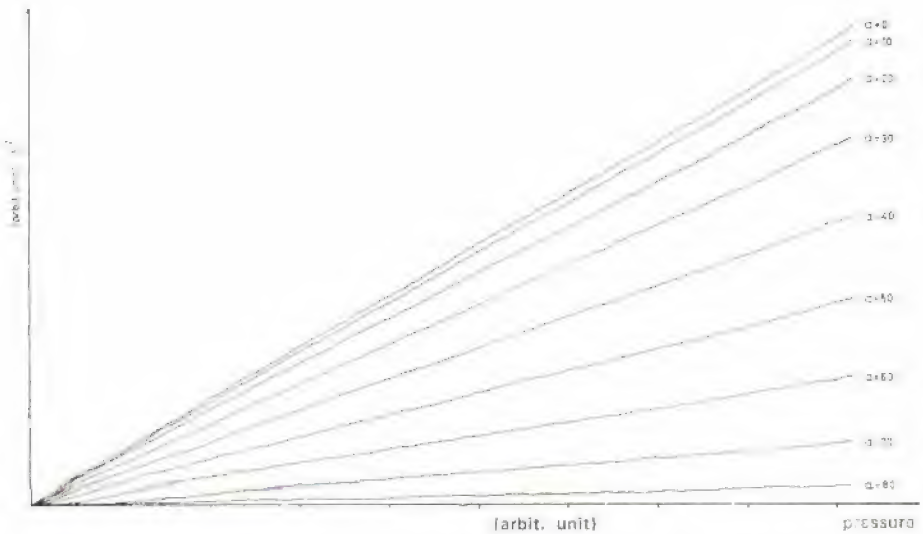


Fig. 7 — Calibration Curves — yaw angle effect

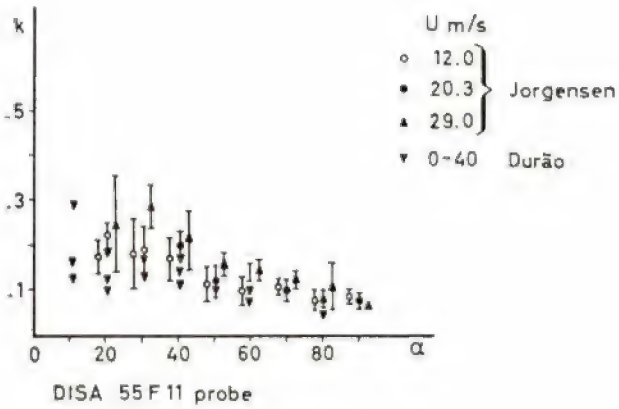


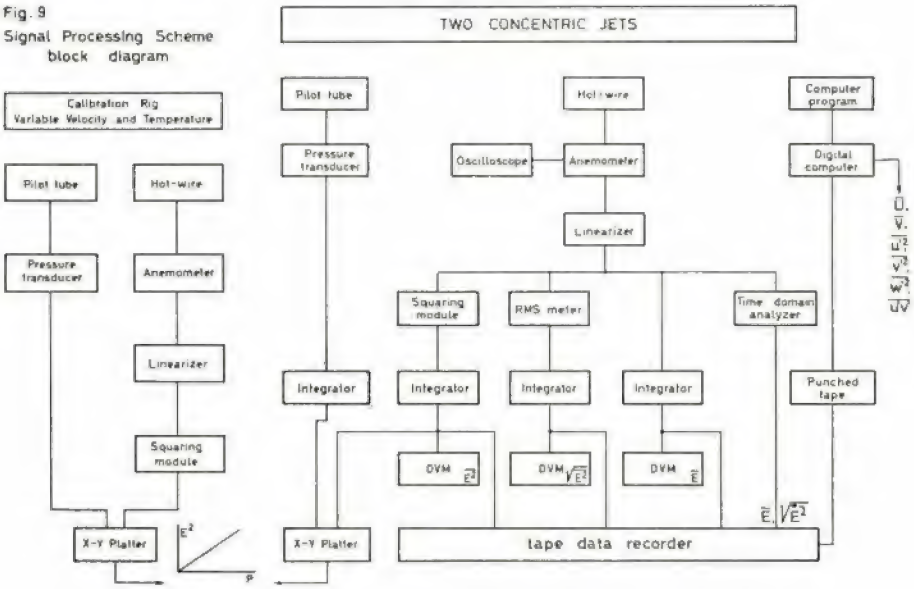
Fig. 8

b) When measuring in flows with high intensities of turbulence the squared hot-wire analysis method is advantageous.

c) The calibration constant $C(E = CU_{eff})$ must be obtained with a precision higher than 0.5% in order to have accurate results. A variation of 20% in $\overline{v'^2}$, $\overline{w'^2}$ $\overline{u'v'}$ can be caused by a variation of 2% in C.

d) The influences of yaw and pitch corrections (k and k_2) are important in the calculations of $\overline{v'^2}$, $\overline{w'^2}$ and $\overline{u'v'}$ and errors higher than 3% can be caused by using different correction of the range of values used by different investigators.

Fig. 9
Signal Processing Scheme
block diagram



the heat transfer is related to the modulus of the velocity. Therefore there is no error made when $(\overline{U^2} + \overline{u'^2})$, $(\overline{V^2} + \overline{v'^2})$, $\overline{w'^2}$ and $(\overline{UV} + \overline{u'v'})$ are calculated by the matrix equation (23) provided C k_1 and k_2 are correct.

Errors appear when further information is extracted e. g. when $\overline{U}$, $\overline{u'^2}$, $\overline{V}$ and $\overline{v'^2}$ are splited from the above terms, but the error is lower then if the classical methods are used.

Figure 9 shows the block diagram instrumentation used by the authors when applied this method. More detailed information about it can be seen in reference (10).

6.3 *General remarks*

a) Obtaining repeatable and accurate results using the hot-wire is difficult and needs a very refined technique and painstaking care. This explains the large scatter that can be seen when results from different investigators are compared.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors are grafetul to Prof. Delgado Domingos for the encouragement to write the paper and for the invitation to present it at the «Métodos numéricos e experimentais em transmissão de calor e massa» course.

Further thanks are due to F. Durst for the great interest showed in the authors work.

Also thanks to A. Melling that helped to clarify some concepts.

Acknowledgement is gratefully made to «Junta Nacional de Investigação Científica e Tecnológica» for the award of a «NATO» grant.

NOMENCLATURE

Meaning

a, b — parameters used in the law of the Nu (Re) variation

B — hot-wire calibration constant (King's law. etc.)

C — slope of the linearized hot-wire response $E(U_{eff})$

C_1, C_2 — hot-wire parameters of the law of the W (U) variation, equation (1)

d — wire diameter

E — hot-wire voltage

i, j, k — unit vectors of the coordinate system

I — intensity of current

K — hot-wire parameter in a law of the I(U) variation

k, k_1 — hot-wire sensivity to the velocity component paralel to the wire

k_2 — hot-wire sensitivity to the velocity component perpendicular to the wire and perpendicular to the plane of the probe

L — wire length

n — hot-wire exponential calibration constant (King's law n = . 5, etc.)

Nu — Nusselt number

Pr — Prandtl number

Re — Reynolds number

U, V, W, — three velocity components

U_{paral} — velocity component paralel to the wire

U_{perp_1} — velocity component perpendicular to the wire in the plane of the probe

U_{perp_2} — velocity component perpendicular to the wire and perpendicular to the plane of the probe.

α — wire slanting angle; angle between the flow direction and plane perpendicular to the wire

μ — viscosity

ρ — density of the fluid

Superscript

— time average

, turbulent fluctuation

Subscript

eff effective

n normal

o refering to zero velocity

REFERENCES

(1) — ANTUNES S. — An Introduction to Hot-Wire Anemometry — TECNICA, 407, 33, 357-366 (1971)

(2) — BROER L. J. F., HOOGENDOORN C. J. and KORTLEVEN A. — Some investigation on low speed anemometry — Appl. Sci. Res., 7, 1-13 (1957)

(3) — BRUUN H. H. — The performance of normal and yawed hot-wire — Univ. Southampton, ISVR TR 21 (1969)

(4) — BRUUN H. H. — Linearization and hot-wire anemometry — J. Sci. Instrum, 4, 815-820 (1971)

(5) — CHAMPAGNE F. H., SLEICHER C. A. and WEHRMANN O. H.—Turbulence measurements with inclined hot-wires. Part. 1 — Heat Transfer Experiments with Inclined Hot-Wire — J. F. Mech. 28, 153-175 (1967)

(6) — CHAMPAGNE F. H. and SLEICHER C. A. — Turbulence measurements with inclined hot--wires Part 2 — Hot-wire response equations — J. F. Mech. 28, 177-182 (1967)

(7) — COLLIS D. C. and WILLIAMS M. J. — Two-dimensional convection from heated wires at low Reynolds numbers — J. F. Mech. 6, 357-384 (195)

(8) — COMTE-BELLOT G. — Les anemometres a fil chaud et la mesure des fluctuations de vitesse et de temperature — Conf. on Turbul., Polish Academy of Science (1961)

(9) — DURÃO D. — Experimental Investigations of Co-axial jets — TECNICA, 419, 35, 181-189, (1973)

(10) — DURÃO D. F. G. and J. H. WHITELAW — Turbulent Mixing in the Developing Region of Co-axial Jets — Imperial Coll., Mech. Eng Dept. ET/TN/A/. (To be published J. Fluid Eng. and presented ASME Conference, June, paper No. 73-FE-19, 1973).

(11) — DURST F. — On Turbulent Flow Through Annular Passages with Smooth and Rough Cores — M. Sc. Thesis, Imperial Coll., Mech Eng. Dept. (1968)

(12) — DURST F. — The Application of Hot-wire Anemometers on Low and Higly Turbulent Flows — TECNICA, 409, 33, 63-77 (1971)

(13) — DURST F., MELLING A. and WHITELW J. H. — The Interpretation of Hot-wire Signals in Low-Turbulence Flows — Imperial Coll., Mech. Eng. Dept. ET/TN/B/5 (1971)

(14) — DURST F.and WHITELAW J. H. — Aerodynamic properties of separated gas flows: existing measurement techniques and a new optical geometry for the laser-Doppler anemometer — Prog. Heat and Mass Transfer, 4, 311-331 (1971)

(15) — ESCUDIER M. P. — The turbulent incompressible hydrodynamic boundary layer — Ph. D. Thesis, Imperial Coll., Mech. Eng. Dept. (1967)

(16) — HINZE J. O. — *Turbulence* — McGraw Hill (1959).

(17) — JORGENSEN F. E. — Directional Sensitivity of wire and fibre-film probes — DISA information 11 (171)

(18) — KING L. — On the convection of heat from small cylinders in a stream of fluid: Determination of the convection constants of small platinum wires with applications to hot-wire anemometry — P. T. Roy. Soc. London, A214, 373-432 (1914)

(19) — KJELLSTROM B. and HEDBERG S.—Turbulence and shear stress measurements in a circular channel for testing of a hot-wire anemometer measurement technique and evaluation methods — Atom. Energy Rep. AE-RTL-1001 (1968)

(20) — LAUFER J. — The structure of turbulence in fully developed pipe flow — NACA TN 2954 (1953)

(21) — PERRy A. E. and MORRISON G. L. — A study of the constant temperature hot-wire anemometer — J. F. Mech. 47, 577-599 (1971)

(22) — PERRY A. E. and MORRISON G. L. — Static and dynamic calibration of constant temperature hot--wire systems. — J. F. Mech., 47, 765-777 (1971)

(23) — RODI W. — A new method of analysing hot--wire signals in highly turbulent flow and its evaluation in a round jet—Imperial Coll., Mech. Eng. Dept. ET/TN/B/10 (1971)

(24) — SIDDALL R. C. and DAVIS T. W. — An improved response equation for hot-wire anemometry — I. J. Heat and Mass Transfer, 14, (1971)

(25) — WEBSTER C. A. G. — Sensitivity to yaw of a hot-wire anemometer — J. F. Mech 13,307-312 (1962)

TIPO **DM**

ARMADURA DE ILUMINAÇÃO

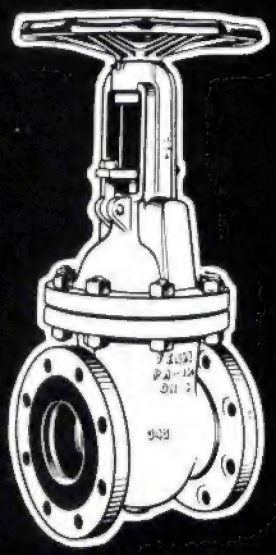
CONSTRUÇÕES ELECTRICAS

SCHREDER

P. JOSÉ FONTANA, 25 · TELEFONE 561001 · LISBOA

MIRA 139

VÁLVULAS
de cunha,
retenção, regulação
e passagem



Segundo normas DIN e ASA,
para líquidos, vapores e gases
(incluindo Cl, NH_3 e SO_2).
Execução em ferro fundido, aço
vazado, aço inoxidável
e ligas especiais.
Diâmetros nominais de 10 a 600mm.
Pressões nominais de 4 a 40 kg./cm².

ESTUDOS • PROJECTOS
ORÇAMENTOS
ASSISTÊNCIA TÉCNICA

FENALD

SOCIEDADE PORTUGUESA
DE VÁLVULAS, L.DA

Rua da Academia das Ciências, n.º 5,
Lisboa-2 – Telefone P.P.C.A. 320011.

fundações
sondagens

Sopecate

especialista há ¾1/4¾ de século

rua do arsenal 146-2º tlf 34010 • Lisboa

SOCIEDADE INDUSTRIAL METALÚRGICA

RESPONSABILIDADE LIMITADA
(REGISTADO)

• •

SERRALHARIAS,
CALDEIRARIA,
FERRARIA,
FUNDIÇÕES

• •

ESCRITÓRIO:
RUA DE S. TIAGO, 13
TELEF. 861972
LISBOA

C. D. U. 624.041.2:518.6

VIGA ANGULAR SIMÉTRICA DE BARRAS PERPENDICULARES

J. S. BRAZÃO FARINHA

RESUMO

Apresenta-se o formulário respeitante à viga angular simétrica, em ângulo recto e de secção constante, perfeitamente encastrada à flexão e à torção, carregada de qualquer maneira, constituindo uma estrutura a três dimensões, cuja resolução é abordada pelo método de Cross.

SYNOPSIS

This paper presents the right and symmetrical angular fixed-end beam in the space, analysed by the Cross method.

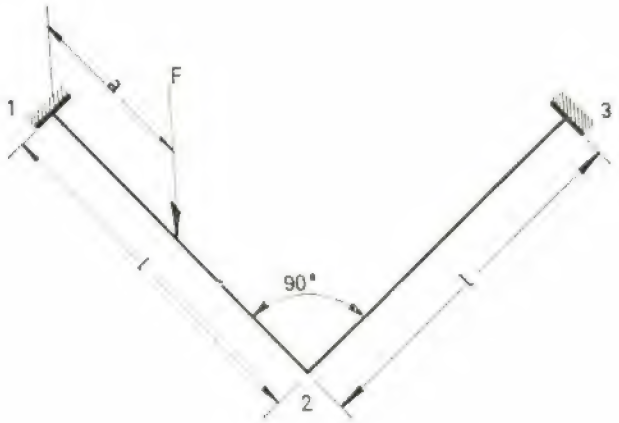


Fig. 1 — Perspectiva da viga angular simétrica, em ângulo recto, carregada de qualquer maneira

Como é bem conhecido, as rigidezes de uma viga encastrada, de eixo rectilíneo e secção constante, solicitada à flexão e à torção, são expressas por

$$K_f = \frac{4EI}{l} \quad ; \quad K_t = \frac{GI_1}{l}$$

No caso do betão E = 2,40 G; para a secção rectangular $I_t = \alpha I$, em que

$$\alpha = 4 \left(\frac{a}{b} \right)^2 \left[1 - 0{,}630 \left(\frac{a}{b} \right) + 0{,}052 \left(\frac{a}{b} \right)^5 \right]$$

se b > a isto é, a altura b da viga é maior do que a largura, portanto, se a viga é colocada ao alto, e

$$\alpha = 4 \left[1 - 0{,}630 \left(\frac{a}{b} \right) + 0{,}052 \left(\frac{a}{b} \right)^5 \right] \text{ se } b < a$$

isto é, se a viga é colocada ao baixo.

Em relação às duas barras que concorrem no nó 2, os coeficientes de distribuição consideram a rigidez de flexão ou de torção das barras consoante os momentos desiquilibrada são de flexão para uma e portanto de torção para a barra perpendicular a ela.

Os coeficientes de transmissão são, respectivamente 0,5 para a flexão, e — 1 para a torção, no caso que estamos referindo das barras de eixo rectilíneo e momento de inércia constante.

O problema posto é resolvido em duas etapas, 1.ª actuação da solicitação com o nó fixo, 2.ª deslocamento de 2 na vertical.

QUADRO 1 — Valores de α

$\frac{\text{alt. da viga}}{\text{larg. da viga}} = \frac{a}{b}$	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
$\alpha = \frac{I_t}{I}$	3,75	3,50	3,24	2,99	2,75	2,50	2,27	2,05	1,85	1,69
$\frac{\text{alt. da viga}}{\text{larg. da viga}} = \frac{a}{b}$	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00	2,20	2,40	2,60	2,80	3,00
$\alpha = \frac{I_t}{I}$	1,38	1,14	0,955	0,806	0,687	0,591	0,513	0,449	0,396	0,351
$\frac{\text{alt. da viga}}{\text{larg. da viga}} = \frac{a}{b}$	3,20	3,40	3,60	3,80	4,00	4,20	4,40	4,60	4,80	5,00
$\alpha = \frac{I_t}{I}$	0,314	0,282	0,255	0,231	0,211	0,193	0,177	0,163	0,151	0,140

1 — TRANSMISSÃO DE MOMENTOS

1.1 — *Solicitação de flexão em 1-2*

$$m = \frac{9,6}{9,6 + \alpha}$$

$$n = \frac{\alpha}{9,6 + \alpha}$$

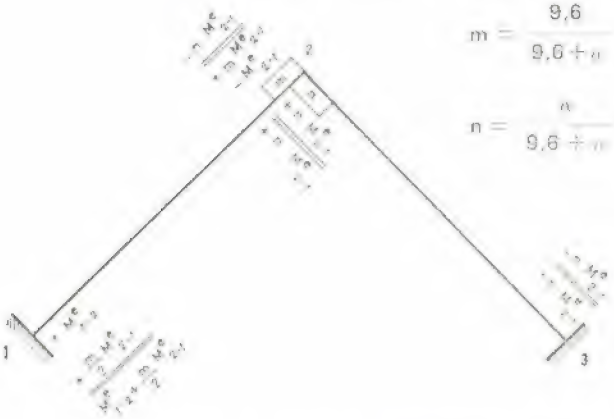


Fig. 2 — Transmissão de momentos correspondente à actuação de uma solicitação de flexão em 1-2

Pela fig. 2 verifica-se que na fase solicitação em 1-2 e nó 2 fixo quanto a deslocamentos verticais, actuam momentos flectores em 1-2 e de torção em 2-3, estes últimos de valor constante ao longo da barra.

1,2 — *Soliciação em 2-3*

Dada a simetria da estrutura, a acuação de uma solicitação em 2-3 numa 1.ª fase (nó 2 fixo quanto a deslocamentos verticais) conduz a esforços simetricamente dispostos em relação à hipótese indicada em 1.1.

$m' = n$
$n' = m$

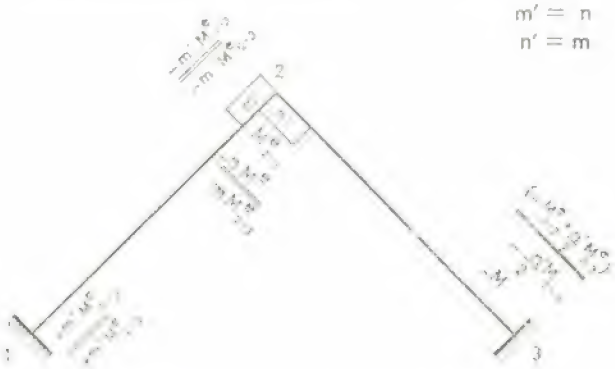


Fig. 3 — Transmissão de momentos correspondente à actuação de uma solicitação de flexão em 2-3

1.3 — *Assentamento Δ do apoio 2*

O deslocamento $\Delta = f_2$ do nó 2 corresponde a uma solicitação simétrica, consideradon-se na transmissão da fig. 4 a actuação da flexão em 1-2. Nesta 2.ª fase aparecem momentos de flexão e de torção em 1-2 e em 2-3, simetricamente dispostos. Os momentos de torção são de valor constante.

2 — *Carga uniformemente distribuida g em 1-2*

Teremos, de acordo com a fig. 2 os momentos flectores (sinais de Cross)

$$M^1_{1-2} = -\frac{gl^2}{12}\left(1 + \frac{4,8}{9,6 + \alpha}\right) = \frac{14,4 + \alpha}{9,6 + \alpha}\,\frac{gl^2}{12}$$

$$M^1_{2-1} = -\frac{\alpha}{9,6+\alpha}\,\frac{gl^2}{12}$$

donde se deduz, para esforços transversos em 1 e em 2 correspondentes à 1.ª etapa da transmissão de momentos

$$T^1_{1-2} = \frac{gl}{2} + \left[\frac{14,4+\alpha}{9,6+\alpha} - \frac{\alpha}{9,6+\alpha}\right]\frac{gl}{12} =$$

$$= \frac{6,0+0,5\,\alpha}{9,6+\alpha}\,gl$$

$$T^1_{2-1} = -\frac{gl}{2} + \left[-\frac{14,4+\alpha}{9,6+\alpha} + \frac{\alpha}{9,6+\alpha}\right]\frac{gl}{12} =$$

$$= -\frac{3,6+0,5\,\alpha}{9,6+\alpha}\,gl$$

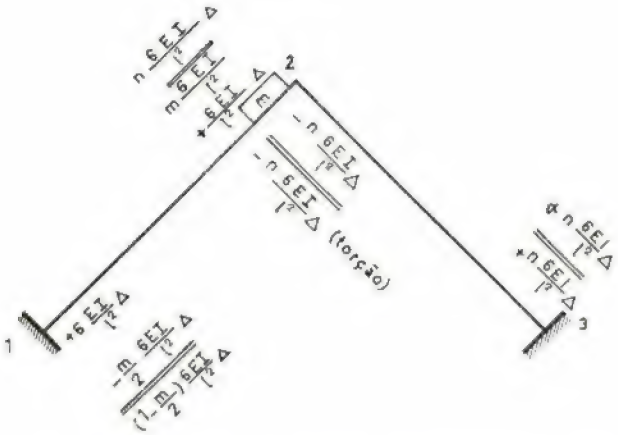


Fig. 4 — Transmissão de momentos correspondente ao deslocamento vertical do nó 2

Na conformidade da fig. 4 temos ainda que considerar os momentos flectores em 1-2 seguintes

$$M^2_{1-2} = \left(1 - \frac{4,8}{9,6+\alpha}\right)\frac{6EI}{l^2}\,\Delta = \frac{4,8+\alpha}{9,6+\alpha}\,\frac{6EI}{l^2}\,\Delta$$

$$M^2_{2-1} = \frac{\alpha}{9,6+\alpha}\,\frac{6EI}{l^2}\,\Delta$$

donde se deduz para esforços transversos em 1 e em 2 em 2.ª etapa,

$$T^2_{2-1} = \left(\frac{4,8+\alpha+\alpha}{9,6+\alpha}\right)\frac{6EI}{l^3}\,\Delta = \frac{4,8+2\,\alpha}{9,6+\alpha}\,\frac{6EI}{l^3}\,\Delta =$$

$$= T^2_{1-2}$$

Em 2-3 teremos para momento de flexão (sinais de Cross)

$$M^2_{2-3} = -M^2_{2-1}\ ;\ M^3_{3-2} = -M^2_{1-2}$$

$$T^2_{2-3} = T^2_{2-1}\ ;\ T^2_{3-2} = T^2_{1-2}$$

A condição de equilíbrio do nó 2 permite determinar o valor de Δ

$$\frac{9,6+4\,\alpha}{9,6+\alpha}\,\frac{6EI}{l^3}\,\Delta = \frac{3,6+0,5\,\alpha}{9,6+\alpha}\,gl$$

$$\Delta = \frac{3,6+0,5\,\alpha}{9,6+4\,\alpha}\,\frac{gl^4}{6EI}$$

Vem finalmente

$$R_1 = T_{1-2} = \left(\frac{6,0+0,5\,\alpha}{9,6+\alpha} + \frac{1,8+0,25\,\alpha}{9,6+\alpha}\right)gl =$$

$$= \frac{7,8+0,75\,\alpha}{9,6+\alpha}\,gl$$

$$R_3 = -T_{2-1} = \left(\frac{3,6+0,5\,\alpha}{9,6+\alpha} - \frac{1,8+0,25\,\alpha}{9,6+\alpha}\right)gl =$$

$$= \frac{1,8+0,25\,\alpha}{9,6+\alpha}\,gl$$

Momentos de flexão (sinais de Cross)

$$M_{1-2} = \left[\frac{14,4+\alpha}{12} + \frac{(4,8+\alpha)\,(3,6+0,5\,\alpha)}{9,6+4\,\alpha}\right]\frac{gl^2}{9,6+\alpha}$$

$$M_{2-1} = \left[\frac{3,6+0,5\,\alpha}{9,6+4\,\alpha} - \frac{1}{12}\right]\alpha\,\frac{gl^2}{9,6+\alpha}$$

$$M_{2-3} = -\frac{4,8+\alpha}{9,6+\alpha}\,\frac{3,6+0,5\,\alpha}{9,6+4\,\alpha}\,gl^2$$

$$M_{3-2} = -\frac{\alpha}{9,6+\alpha}\,\frac{3,6+0,5\,\alpha}{9,6+4\,\alpha}\,gl^2$$

Momentos de torção (sinais de Criss)

$$M_{2-3} = -\left[\frac{3,6+0,5\,\alpha}{9,6+4\,\alpha} - \frac{1}{12}\right]\frac{\alpha\,gl^2}{9,6+\alpha}$$

$$M_{2-1} = \frac{\alpha}{9,6\,\alpha}\,\frac{3,6+0,5\,\alpha}{9,6+4\,\alpha}\,gl^2$$

Conhecidos os momentos flectores na extremidade 2 de 1-2 e 2-3 imediatamente se conhecem os momentos de torção no nó 2 porque eles equilibram, na barra perpendicular, os respectivos momentos flectores. Em 2 de 1-2 e 2-3 imediatamente se conhecem os momentante.

A partir dos valores atrás deduzidos calcularam-se os valores inscritos no quadro 3, considerando a convenção corrente de sinais. Este quadro e os seguintes resumem o que anteriormente foi referido e todos foram construídos com vista à aplicação prática directa.

Exemplo 1.º — Desenhar os diagramas dos esforços transversos, momentos flectores e momentos de torção actuantes numa viga rectangular de betão armado angular em ângulo recto definida por: $l = 2{,}40$ m, sobre a qual actua a carga $g = 4500$ kg/m sobre 1-2, e no caso de ser a altura da viga tripla da sua largura. Determinar a flecha em 2.

Do quadro 3

$$R_1 = 0{,}810 \times 4500 \times 2{,}4 = 8750 \text{ kg}$$
$$R_3 = 0{,}190 \times 4500 \times 2{,}4 = 2050$$
$$4500 \times 2{,}4 = 10800$$

Momentos flectores (sinais correntes)

$$M_{1-2} = -0{,}301 \times 4500 \times 2{,}4^2 = -7800 \text{ kgm}$$
$$M_{2-1} = 0{,}0092 \times 4500 \times 2{,}4^2 = 240 \text{ kgm}$$
$$M_{3-2} = -0{,}178 \times 4500 \times 2{,}4^2 = -4610 \text{ kgm}$$
$$M_{2-3} = 0{,}0121 \times 4500 \times 2{,}4^2 = 310 \text{ kgm}$$

$$f_2 = 0{,}0572 \frac{gl^4}{EI} = \frac{0{,}0572 \times 45 \times 240^4}{EI} =$$

$$= \frac{8{,}54 \times 10^9}{EI} \text{ cm}$$

Podem-se estabelecer-se verificações dos valores dos momentos flectores calculados pelas equações

$$\begin{cases} M_{1-2} + R_1 l - \dfrac{gl^2}{2} = M_{2-1} \\ M_{3-2} + R_3 l = M_{2-3} \end{cases}$$

Com efeito é

$$-7.800 + 8.700 \times 2{,}40 - \frac{4.500 \times 2{,}4^2}{2} = +240 \text{ kgm}$$

$$-4.610 + 2.050 \times 2{,}40 = +310 \text{ kgm}$$

Quanto à flecha é igual à de uma consola 1-2 apoiada em 1, com a carga uniformemente distribuída de 4.500 kg/m menos a que resulta da aplicação em 2 do momento M_{2-1} e do esforço transverso $T_{2-1} = 4.500 \times 2{,}4 - 8.750 = 2.050$ kg, ou então a de uma consola 3-2 apoiada em 3, sem cargas e com a aplicação em 2 do momento M_{3-2} e da carga concentrada (esforço transverso T_{2-3})

$$f_2 = \frac{gl^4}{8\,EI} - \frac{Ml^2}{2\,EI} + \frac{Fl^3}{3\,EI} = \left[\frac{45 \times 240^4}{8} - \frac{24.000 \times 240^2}{2} + \frac{2.050 \times 240^3}{3}\right] \times \frac{1}{EI} =$$

$$= \frac{18{,}662 - 0{,}691 - 9{,}446}{EI} 10^9 = \frac{8{,}53 \times 10^9}{EI} \text{ cm}$$

$$f_2 = \frac{2.050 \times 240^3}{3\,EI} - \frac{31.000 \times 240^2}{2\,EI} = \frac{1}{EI} \times$$

$$\times (9{,}446 - 0{,}893) \times 10^9 = \frac{8{,}55 \times 10^9}{EI} \text{ cm}$$

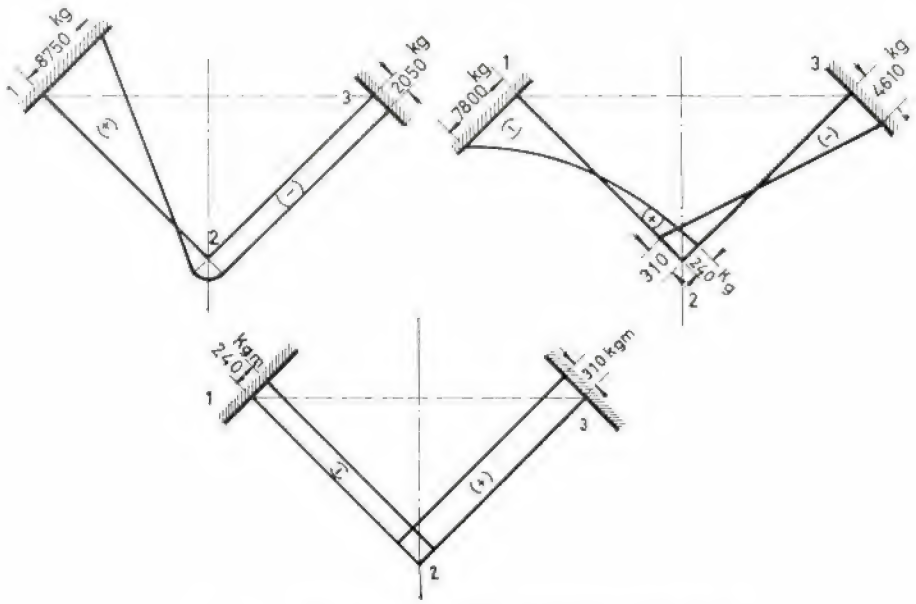


Fig. 5 — Diagramas dos esforços transversos, momentos de flexão e de torção

3 — *Carga concentrada F sobre 1-2, à distância a de 1*

Teremos na 1.ª etapa para momentos flectores (sinais do Cross), de acordo com a fig. 2.

$$M^1_{1-2} = \frac{Fa\ (l-a)^2}{l^2} + \frac{4{,}8}{9{,}6+\alpha}\ \frac{Fa^2\ (l-a)}{l^2} =$$

$$= \left(\frac{a}{l}\right)\left(1-\frac{a}{l}\right)\left[4{,}8\ \left(2-\frac{a}{l}\right)+\alpha\left(1-\frac{a}{l}\right)\right]\frac{Fl}{9{,}6+\alpha}$$

$$M^1_{2-1} = -\left(\frac{a}{l}\right)^2\left(1-\frac{a}{l}\right)\frac{\alpha\ Fl}{9{,}6+\alpha}$$

Os esforços transversos correspondentes serão

$$T^1_{1-2} = \left(1-\frac{a}{l}\right)\left\{(9{,}6+\alpha)+\frac{a}{l}\left[4{,}8\ \left(2-\frac{a}{l}\right)+\alpha\left(1-2\ \frac{a}{l}\right)\right]\right\}\frac{F}{9{,}6+\alpha} =$$

$$= \left(1-\frac{a}{l}\right)\frac{FA}{9{,}6+\alpha}$$

$$T^1_{2-1} = -\frac{a}{l}\left\{(9{,}6+\alpha)-\left(1-\frac{a}{l}\right)\left[4{,}8\ \left(2-\frac{a}{l}\right)+\alpha\left(1-2\frac{a}{l}\right)\right]\right\}\frac{F}{9{,}6+\alpha} = -\frac{a}{l}\ \frac{FB}{9{,}6+\alpha}$$

em que

$$A = (9{,}6+\alpha)+\frac{a}{l}\left[4{,}8\ \left(2-\frac{a}{l}\right)+\alpha\left(1-2\ \frac{a}{l}\right)\right]$$

$$B = (9{,}6+\alpha)-\left(1-\frac{a}{l}\right)\left[4{,}8\ \left(2-\frac{a}{l}\right)+\alpha\left(1-2\ \frac{a}{l}\right)\right]$$

Na 2.ª etapa os valores são os anteriormente já indicados.

$$M^2_{1-2} = \frac{4{,}8+\alpha}{9{,}6+\alpha}\ \frac{6EI}{l^2}\ \Delta\ ;\ M^2_{2-1} = \frac{\alpha}{9{,}6+\alpha}\ \frac{6EI}{l^2}$$

$$T^2_{2-1} = T^2_{1-2} = \frac{4{,}8+2\ \alpha}{9{,}6+\alpha}\ \frac{6EI}{l^3}\ \Delta$$

Virá portanto para condições de equilíbrio do nó 2

$$\frac{9{,}6+4\ \alpha}{9{,}6+\alpha}\ \frac{6EI}{l^3}\ \Delta = \frac{a}{l}\ \frac{FB}{9{,}6+\alpha}$$

que determina

$$\Delta = \left(\frac{a}{l}\right)\frac{B}{6EI}\ \frac{Fl^3}{9{,}6+4\ \alpha}$$

e portanto teremos

a) Reacções de apoio

$$R_1 = \left[\left(1-\frac{a}{l}\right)A+\left(\frac{a}{l}\right)\frac{B}{2}\right]\frac{F}{9{,}6+\alpha}$$

$$R_3 = \frac{1}{2}\left(\frac{a}{l}\right)\frac{FB}{9{,}6+\alpha}$$

b) Momentos flectores (sinais de Cross)

$$M_{1-2} = \left(\frac{a}{l}\right)\left[\frac{4{,}8+\alpha}{9{,}6+4\ \alpha}\ B+(4{,}8+\alpha)\left(1-\frac{a}{l}\right)^2+4{,}8\ \left(1-\frac{a}{l}\right)\right]\frac{Fl}{9{,}6+\alpha}$$

$$M_{2-1} = \frac{a}{l}\ \alpha\left[\frac{B}{9{,}6+4\ \alpha}-\left(\frac{a}{l}\right)\left(1-\frac{a}{l}\right)\right]\frac{Fl}{9{,}6+\alpha}$$

$$M_{3-2} = -\left(\frac{a}{l}\right)B\ \frac{4{,}8+\alpha}{9{,}6+4\ \alpha}\ \frac{Fl}{9{,}6+\alpha}$$

$$M_{2-3} = -\left(\frac{a}{l}\right)B\ \frac{\alpha}{9{,}6+4\ \alpha}\ \frac{Fl}{9{,}6+\alpha}$$

Exemplo 2.º — Desenhar os diagramas dos esforços transversos, momentos flectores e de torção actuantes numa viga de betão armado, de vecção rectangular, em ângulo recto, definida por l = 2,40 m, sobre a qual actua uma carga concentrada de 10 000 kg no meio de 1-2, e no caso de ser a altura da viga igual a vez e meia a sua largura (b = 1,50a).

Do quadro 4 tira-se

$$\begin{aligned}
R_1 &= 0{,}835 \times 10.000 &&= 8.350 \text{ kg}\\
R_3 &= 0{,}165 \times 10.000 &&= 1.650\\
M_{1-2} &= -\ 0{,}325 \times 10.000 \times 2{,}4 &&= -\ 7.750 \text{ kgm}\\
M_{2-1} &= 0{,}0121 \times 10.000 \times 2{,}4 &&= 290\\
M_{3-2} &= -\ 0{,}141 \times 10.000 \times 2{,}4 &&= -\ 3.380\\
M_{2-3} &= 0{,}0234 \times 10.000 \times 2{,}4 &&= -\ 560
\end{aligned}$$

$$f_2 = 0{,}0425 \times \frac{10.000 \times 240^3}{EI} = \frac{58{,}75 \times 10^3}{EI}\ \text{cm}$$

Momento a meio de 1-2,

$$M = -\ 7.750 + 8.350 \times 1{,}20 = +\ 2.270 \text{ kgm}$$

Verificação dos momentos

$$M_{1-2} + R_1 l - 10.000 \times \frac{l}{2} = -7.750 + 8.350 \times$$

$$\times 2{,}40 - 10.000 \times 1{,}20 = +290 \text{ kgm } (= M_{2-1})$$

$$M_{3-2} + R_3 l = -3.380 + 1.650 \times 2{,}4 =$$

$$= +580 \text{ kgm } (= M_{2-3})$$

Os diagramas dos esforços constam da fig. 6, em que a estrutura está planificada.

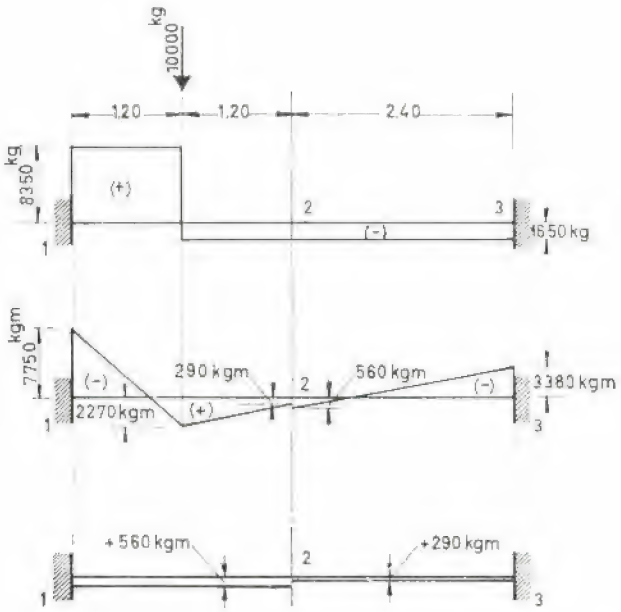


Fig. 6 — Diagramas dos esforços transversos, momentos flectores e de torção correspondentes à estrutura do 2.º exemplo

4 — CARGA TRIANGULAR LINEARMENTE CRESCENTE EM 1-2 (fig. 7)

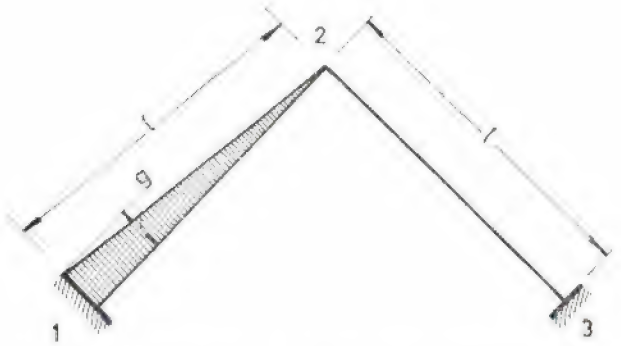


Fig. 7 — Actuação em 1-2 de uma carga triangular linearmente crescente de 2 para 1

Neste caso teremos, de acordo com o que anteriormente foi referido

$$M^1_{1-2} = \left(3 + \frac{9{,}6\,\alpha}{9{,}6 + \alpha}\right) \frac{gl^2}{60}$$

$$M^1_{2-1} = -\frac{\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{gl^2}{30}$$

$$T^1_{1-2} = \left(11{,}5 + \frac{4{,}8 - \alpha}{9{,}6 + \alpha}\right) \frac{gl}{30}$$

$$T_{1\,2-1} = -\left(3{,}5 - \frac{4{,}8 + \alpha}{9{,}6 + \alpha}\right) \frac{gl}{30}$$

$$M^2_{1-2} = \frac{4{,}8 + \alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{6EI}{l^2} \Delta$$

$$M^2_{2-1} = \frac{\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{6EI}{l^2} \Delta$$

$$T^2_{1-2} = T^2_{2-1} = \frac{4{,}8 + 2\,\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{6EI}{l^3} \Delta$$

Equação de equilíbrio do nó 2

$$\frac{9{,}6 + 4\,\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{6EI}{l^3} \Delta = \left(3{,}5 - \frac{4{,}8 - \alpha}{9{,}6 + \alpha}\right) \frac{gl}{30}$$

$$\Delta = \frac{28{,}8 + 4{,}5\,\alpha}{9{,}6 + 4\,\alpha} \frac{gl^4}{180\,EI}$$

Teremos pois

$$R_1 = \frac{259{,}2 + 25{,}5\,\alpha}{60\,(9{,}6 + \alpha)}\, gl$$

$$R^3 = \frac{14{,}4 + 2{,}25\,\alpha}{30\,(9{,}6 + \alpha)}\, gl$$

Momentos de flexão (sinais de Cross)

$$M_{1-2} = \left[(12{,}8 + \alpha) + \frac{(4{,}8 + \alpha)\,(9{,}6 + 1{,}5\,\alpha)}{4{,}8 + 2\,\alpha}\right] \times$$

$$\times \frac{gl^2}{20\,(9{,}6 + \alpha)}$$

$$M_{2-1} = \frac{\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{19{,}2 + 0{,}5\,\alpha}{9{,}6 + 4\,\alpha} \frac{gl^2}{30}$$

$$M_{3-2} = -\frac{(4{,}8 + \alpha)\,(9{,}6 + 1{,}5\,\alpha)}{10\,(9{,}6 + \alpha)\,(9{,}6 + 4\,\alpha)}\, gl^2$$

$$M_{2-3} = -\frac{\alpha\,(9{,}6 + 1{,}5\,\alpha)}{10\,(9{,}6 + \alpha)\,(9{,}6 + 4\,\alpha)}\, gl^2$$

5 — CARGA TRIANGULAR SIMÉTRICA EM 1-2 (fig. 8)

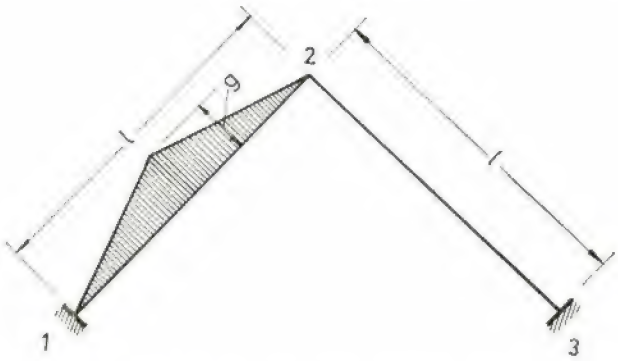


Fig. 8 — Actuação de uma carga triangular simétrica em 1-2

$$M^1_{1-2} = \left(1 + \frac{4{,}8}{9{,}6 + \alpha}\right) \frac{gl^2}{19{,}2}$$

$$M^1_{2-1} = -\frac{\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{gl^2}{19{,}2}$$

$$T^1_{1-2} = \frac{60{,}48 + 4{,}8\,\alpha}{19{,}2\ (9{,}6 + \alpha)}\ gl$$

$$T^1_{2-1} = -\frac{31{,}68 + 4{,}8\,\alpha}{19{,}2\ (9{,}6 + \alpha)}\ gl$$

$$M^2_{1-2} = \frac{4{,}8 + \alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{6EI}{l^2}\ \Delta\ ;\ M^2_{2-1} =$$

$$= \frac{\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{6EI}{l^2}\ \Delta$$

$$T^2_{1-2} = T^2_{2-1} = \frac{4{,}8 + 2\,\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{6EI}{l^3}\ \Delta$$

$$\frac{9{,}6 + 4\,\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{6EI}{l^3}\ \Delta = \frac{31{,}68 + 4{,}8\,\alpha}{19{,}2\ (9{,}6 + \alpha)}\ gl$$

$$\Delta = \frac{5{,}28 + 0{,}48\,\alpha}{19{,}2\ (9{,}6 + 4\,\alpha)\ EI}\ gl^4$$

$$R_1 = \frac{3\ (10{,}6 + \alpha)}{8\ (9{,}6 + \alpha)}\ gl\ ;\quad R_3 = -\frac{6{,}6 + \alpha}{8\ (9{,}6 + \alpha)}\ gl$$

$$M_{1-2} = \left[(14{,}4 + \alpha) + \frac{(4{,}8 + \alpha)\ (31{,}68 + 4{,}80\,\alpha)}{9{,}6 + \alpha}\right] \times$$

$$\times \frac{gl^2}{19{,}2\ (9{,}6 + \alpha)}$$

$$M_{2-1} = \left[\frac{31{,}68 + 4{,}80\,\alpha}{9{,}6 + 4\,\alpha} - 1\right] \frac{\alpha\, gl^2}{19{,}2\ (9{,}6 + \alpha)}$$

$$M_{3-2} = \frac{4{,}8 + \alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{30{,}68 + 4{,}80\,\alpha}{19{,}2\ (9{,}6 + 4\,\alpha)}\ gl^2$$

$$M_{2-3} = \frac{\alpha}{9{,}6 + \alpha} \frac{30{,}68 + 4{,}80\,\alpha}{19{,}2\ (9{,}6 + 4\,\alpha)}\ gl^2$$

6 — CONCLUSÃO

O que atrás se apresentou pode, sem qualquer dificuldade, ser generalizado aos casos em que as barras 1-2 e 2-3 são de desigual comprimento. As hipóteses de barras não perpendiculares entre si, embora seguindo um tratamento semelhante ao indicado, tem de ser consideradas à parte.

Os resultados apresentados estão resumidos nos quadros 2 a 5, cuja utilização se esclarece através dos dois exemplos apresentados. Nestes quadros os sinais dos momentos são os da convenção corrente e não os da convenção de Cross, que se adaptou no texto.

QUADRO 2 — Reacções de apoio, flechas e momentos flectores na viga angular simétrica, em ângulo recto, de secção rectangular, sujeita a cargas uniformemente distribuidas

altura da viga / largura da viga — Relações	Carga uniformemente distribuida g em 1-2							Carga uniformemente distribuida g em 1-2 e em 2-3			
	R_1 $\times gl$	R_3 $\times gl$	f_2 $\times \frac{gl^4}{EI}$	Momentos flectores M_{1-2} $\times gl^2$	M_{2-1} $\times gl^2$	M_{2-3} $\times gl^2$	M_{3-2} $\times gl^2$	$R_1 = R_3$ $\times gl$	f_2 $\times \frac{gl^4}{EI}$	Mom. flectores $M_{1-2} = M_{3-2}$ $\times gl^2$	$M_{2-1} = M_{2-3}$ $\times gl^2$
0,10	0,795	0,205	0,0371	— 0,256	0,0391	0,0625	— 0,143	1,000	0,0742	— 0,399	0,1016
0,20	0,796	0,204	0,0378	— 0,257	0,0383	0,0606	— 0,144	1,000	0,0756	— 0,401	0,0989
0,30	0,797	0,203	0,0386	— 0,259	0,0374	0,0584	— 0,145	1,000	0,0772	— 0,404	0,0958
0,40	0,798	0,202	0,0394	— 0,261	0,0363	0,0561	— 0,146	1,000	0,0788	— 0,407	0,0924
0,50	0,799	0,201	0,0403	— 0,263	0,0352	0,0538	— 0,148	1,000	0,0806	— 0,411	0,0890
0,60	0,800	0,200	0,0412	— 0,266	0,0339	0,0511	— 0,149	1,000	0,0824	— 0,415	0,0850
0,70	0,801	0,199	0,0422	— 0,268	0,0325	0,0485	— 0,151	1,000	0,0844	— 0,419	0,0810
0,80	0,802	0,198	0,0433	— 0,270	0,0295	0,0457	— 0,153	1,000	0,0866	— 0,423	0,0768
0,90	0,802	0,198	0,0444	— 0,273	0,0311	0,0430	— 0,155	1,000	0,0888	— 0,428	0,0725
1,00	0,803	0,197	0,0453	— 0,275	0,0282	0,0407	— 0,156	1,000	0,0906	— 0,431	0,0689
1,20	0,806	0,194	0,0473	— 0,279	0,0252	0,0357	— 0,160	1,000	0,0946	— 0,439	0,0609
1,40	0,807	0,193	0,0491	— 0,283	0,0224	0,0313	— 0,163	1,000	0,0982	— 0,446	0,0537
1,60	0,808	0,192	0,0506	— 0,287	0,0200	0,0275	— 0,166	1,000	0,1012	— 0,453	0,0475
1,80	0,808	0,192	0,0520	— 0,290	0,0177	0,0242	— 0,168	1,000	0,1040	— 0,458	0,0419
2,00	0,808	0,192	0,0532	— 0,293	0,0158	0,0213	— 0,170	1,000	0,1064	— 0,463	0,0371
2,20	0,809	0,191	0,0543	— 0,295	0,0140	0,0189	— 0,172	1,000	0,1086	— 0,467	0,0329
2,40	0,809	0,191	0,0552	— 0,297	0,0126	0,0169	— 0,174	1,000	0,1104	— 0,471	0,0295
2,60	0,810	0,190	0,0559	— 0,298	0,0113	0,0150	— 0,175	1,000	0,1118	— 0,473	0,0263
2,80	0,810	0,190	0,0566	— 0,300	0,0102	0,0135	— 0,177	1,000	0,1132	— 0,477	0,0237
3,00	0,810	0,190	0,0572	— 0,301	0,0092	0,0121	— 0,178	1,000	0,1144	— 0,479	0,0213
3,20	0,811	0,189	0,0577	— 0,302	0,0083	0,0110	— 0,179	1,000	0,1154	— 0,481	0,0193
3,40	0,811	0,189	0,0581	— 0,303	0,0076	0,0100	— 0,179	1,000	0,1162	— 0,482	0,0176
3,60	0,811	0,189	0,0585	— 0,304	0,0069	0,0091	— 0,180	1,000	0,1170	— 0,484	0,0160
3,80	0,811	0,189	0,0588	— 0,305	0,0063	0,0083	— 0,181	1,000	0,1176	— 0,486	0,0146
4,00	0,811	0,189	0,0591	— 0,305	0,0058	0,0076	— 0,181	1,000	0,1182	— 0,486	0,0134
4,20	0,811	0,189	0,0594	— 0,306	0,0054	0,0070	— 0,182	1,000	0,1188	— 0,488	0,0124
4,40	0,811	0,189	0,0596	— 0,306	0,0050	0,0065	— 0,182	1,000	0,1192	— 0,488	0,0115
4,60	0,811	0,189	0,0599	— 0,307	0,0046	0,0060	— 0,193	1,000	0,1198	— 0,490	0,0106
4,80	0,812	0,188	0,0600	— 0,307	0,0043	0,0056	— 0,193	1,000	0,1200	— 0,490	0,0090
5,00	0,812	0,188	0,0602	— 0,308	0,0040	0,0052	— 0,193	1,000	0,1204	— 0,491	0,0092

QUADRO 3 — Reacções de apoio, flechas e momentos flectores na viga angular simétrica, em ângulo recto, de secção rectangular sujeita a cargas triangulares

altura da viga / largura da via — Relações	Carga triangular linearmente crescente em 1-2							Carga triangular simétrica em 1-2						
	R_1	R_3	f_2	Momentos flectores				R_1	R_3	f_2	Momentos flectores			
	$\times gl$	$\times gl$	$\times \frac{gl^4}{EI}$	M_{1-2} $\times gl^2$	M_{2-1} $\times gl^2$	M_{2-3} $\times gl^2$	M_{3-2} $\times gl^2$	$\times gl$	$\times gl$	$\times \frac{gl^4}{EI}$	M_{1-2} $\times gl^2$	M_{2-1} $\times gl^2$	M_{2-3} $\times gl^2$	M_{3-2} $\times gl^2$
0,10	0,443	0,057	0,0103	— 0,102	0,0080	0,0174	— 0,040	0,403	0,097	0,0175	— 0,138	0,0151	0,0295	— 0,067
0,20	0,443	0,057	0,0105	— 0,103	0,0079	0,0168	— 0,040	0,404	0,096	0,0178	— 0,139	0,0148	0,0286	— 0,068
0,30	0,444	0,056	0,0107	— 0,103	0,0078	0,0162	— 0,040	0,404	0,096	0,0182	— 0,140	0,0145	0,0275	— 0,068
0,40	0,444	0,056	0,0109	— 0,103	0,0076	0,0155	— 0,040	0,405	0,095	0,0185	— 0,141	0,0142	0,0264	— 0,069
0,50	0,444	0,056	0,0111	— 0,104	0,0074	0,0148	— 0,041	0,405	0,095	0,0189	— 0,142	0,0138	0,0253	— 0,069
0,60	0,445	0,055	0,0114	— 0,104	0,0072	0,0141	— 0,041	0,406	0,094	0,0193	— 0,143	0,0133	0,0240	— 0,070
0,70	0,445	0,055	0,0116	— 0,105	0,0069	0,0133	— 0,041	0,407	0,093	0,0198	— 0,144	0,0128	0,0227	— 0,071
0,80	0,446	0,054	0,0119	— 0,106	0,0067	0,0125	— 0,042	0,407	0,093	0,0202	— 0,145	0,0123	0,0201	— 0,071
0,90	0,446	0,054	0,0121	— 0,106	0,0064	0,0118	— 0,042	0,408	0,092	0,0207	— 0,146	0,0117	0,0214	— 0,072
1,00	0,446	0,054	0,0124	— 0,107	0,0061	0,0111	— 0,043	0,408	0,092	0,0211	— 0,147	0,0112	0,0190	— 0,073
1,20	0,447	0,053	0,0129	— 0,108	0,0055	0,0097	— 0,043	0,409	0,091	0,0220	— 0,149	0,0101	0,0166	— 0,074
1,40	0,447	0,053	0,0133	— 0,109	0,0049	0,0085	— 0,044	0,410	0,090	0,0228	— 0,151	0,0090	0,0145	— 0,076
1,60	0,448	0,052	0,0137	— 0,110	0,0044	0,0074	— 0,045	0,411	0,089	0,0235	— 0,153	0,0080	0,0127	— 0,077
1,80	0,448	0,052	0,0140	— 0,111	0,0039	0,0065	— 0,045	0,411	0,089	0,0241	— 0,154	0,0072	0,0112	— 0,078
2,00	0,448	0,052	0,0143	— 0,111	0,0035	0,0057	— 0,046	0,411	0,089	0,0246	— 0,155	0,0064	0,0099	— 0,079
2,20	0,449	0,051	0,0146	— 0,112	0,0031	0,0051	— 0,046	0,412	0,088	0,0250	— 0,156	0,0057	0,0087	— 0,079
2,40	0,449	0,051	0,0148	— 0,113	0,0028	0,0045	— 0,047	0,412	0,088	0,0254	— 0,157	0,0051	0,0077	— 0,080
2,60	0,449	0,051	0,0150	— 0,113	0,0025	0,0040	— 0,047	0,412	0,088	0,0258	— 0,158	0,0046	0,0069	— 0,081
2,80	0,449	0,051	0,0152	— 0,113	0,0023	0,0036	— 0,047	0,413	0,087	0,0261	— 0,158	0,0041	0,0062	— 0,081
3,00	0,449	0,051	0,0153	— 0,114	0,0021	0,0032	— 0,048	0,413	0,087	0,0263	— 0,159	0,0037	0,0056	— 0,082
3,20	0,449	0,051	0,0155	— 0,114	0,0019	0,0029	— 0,048	0,413	0,087	0,0265	— 0,159	0,0034	0,0050	— 0,082
3,40	0,449	0,051	0,0156	— 0,114	0,0017	0,0027	— 0,048	0,413	0,087	0,0267	— 0,160	0,0031	0,0046	— 0,082
3,60	0,449	0,051	0,0157	— 0,114	0,0016	0,0024	— 0,048	0,413	0,087	0,0269	— 0,160	0,0028	0,0042	— 0,083
3,80	0,449	0,051	0,0158	— 0,115	0,0014	0,0022	— 0,048	0,413	0,087	0,0270	— 0,161	0,0026	0,0038	— 0,083
4,00	0,450	0,051	0,0158	— 0,115	0,0013	0,0020	— 0,048	0,413	0,087	0,0272	— 0,161	0,0024	0,0035	— 0,083
4,20	0,450	0,050	0,0159	— 0,115	0,0012	0,0019	— 0,049	0,413	0,087	0,0273	— 0,161	0,0022	0,0032	— 0,083
4,40	0,450	0,050	0,0160	— 0,115	0,0011	0,0017	— 0,049	0,413	0,087	0,0274	— 0,161	0,0020	0,0030	— 0,084
4,60	0,450	0,050	0,0160	— 0,115	0,0010	0,0016	— 0,049	0,413	0,087	0,0275	— 0,162	0,0019	0,0028	— 0,084
4,80	0,450	0,050	0,0161	— 0,115	0,0010	0,0015	— 0,049	0,413	0,087	0,0276	— 0,162	0,0018	0,0026	— 0,084
5,00	0,450	0,050	0,0161	— 0,115	0,0009	0,0014	— 0,049	0,414	0,086	0,0276	— 0,162	0,0017	0,0024	— 0,084

QUADRO 4 — Reacções de apoio, flechas e momentos flectores na viga angular simétrica, em ângulo recto, de secção rectangular sujeita a cargas concentradas

altura da viga / largura da viga — Relações	Carga concentrada F à distância $\frac{1}{4}$ do apoio 1							Carga concentrada F à distância $\frac{1}{2}$ do apoio 1						
	$R_1 \times F$	$R_3 \times F$	$f_2 \times \frac{Fl^3}{EI}$	Momentos flectores $M_{1-2} \times Fl$	$M_{2-1} \times Fl$	$M_{2-3} \times Fl$	$M_{3-2} \times Fl$	$R_1 \times F$	$R_3 \times F$	$f_2 \times \frac{Fl^3}{EI}$	Momentos flectores $M_{1-2} \times Fl$	$M_{2-1} \times Fl$	$M_{2-3} \times Fl$	$M_{3-2} \times Fl$
0,10	0,947	0,052	0,0096	—0,194	0,0029	0,0161	—0,0367	0,817	0,183	0,033	—0,297	0,0206	0,0557	—0,127
0,20	0,948	0,052	0,0097	—0,195	0,0030	0,0155	—0,0368	0,819	0,181	0,034	—0,298	0,0204	0,0538	—0,128
0,30	0,948	0,053	0,0098	—0,195	0,0031	0,0149	—0,0369	0,820	0,180	0,034	—0,300	0,0201	0,0517	—0,128
0,40	0,949	0,051	0,0100	—0,196	0,0031	0,0142	—0,0371	0,821	0,179	0,035	—0,302	0,0198	0,0495	—0,129
0,50	0,949	0,051	0,0102	—0,196	0,0031	0,0136	—0,0372	0,823	0,177	0,035	—0,303	0,0195	0,0473	—0,130
0,60	0,950	0,050	0,0103	—0,197	0,0031	0,0128	—0,0374	0,824	0,176	0,036	—0,305	0,0190	0,0448	—0,131
0,70	0,950	0,050	0,0105	—0,197	0,0031	0,0121	—0,0376	0,826	0,174	0,037	—0,307	0,0184	0,0423	—0,132
0,80	0,951	0,049	0,0107	—0,198	0,0031	0,0113	—0,0378	0,827	0,173	0,038	—0,309	0,0178	0,0398	—0,133
0,90	0,951	0,049	0,0109	—0,198	0,0030	0,0106	—0,0381	0,829	0,171	0,038	—0,311	0,0171	0,0373	—0,134
1,00	0,952	0,048	0,0111	—0,199	0,0029	0,0100	—0,0403	0,830	0,170	0,039	—0,313	0,0165	0,0352	—0,135
1,20	0,953	0,047	0,0115	—0,200	0,0028	0,0087	—0,0387	0,832	0,168	0,040	—0,317	0,0150	0,0307	—0,137
1,40	0,953	0,047	0,0118	—0,201	0,0025	0,0075	—0,0392	0,834	0,166	0,042	—0,320	0,0135	0,0268	—0,139
1,60	0,954	0,046	0,0121	—0,202	0,0023	0,0066	—0,0396	0,835	0,165	0,043	—0,323	0,0121	0,0234	—0,141
1,80	0,954	0,046	0,0124	—0,202	0,0021	0,0057	—0,0399	0,836	0,164	0,044	—0,326	0,0109	0,0206	—0,143
2,00	0,955	0,045	0,0126	—0,203	0,0019	0,0050	—0,0403	0,837	0,163	0,045	—0,328	0,0097	0,0181	—0,144
2,20	0,955	0,045	0,0128	—0,203	0,0017	0,0044	—0,0406	0,838	0,162	0,046	—0,330	0,0087	0,0160	—0,146
2,40	0,955	0,045	0,0129	—0,204	0,0016	0,0039	—0,0408	0,839	0,161	0,047	—0,333	0,0078	0,0142	—0,147
2,60	0,955	0,045	0,0131	—0,204	0,0014	0,0035	—0,0410	0,840	0,160	0,047	—0,331	0,0071	0,0126	—0,148
2,80	0,956	0,044	0,0132	—0,204	0,0013	0,0031	—0,0412	0,840	0,160	0,048	—0,334	0,0064	0,0113	—0,149
3,00	0,956	0,044	0,0133	—0,205	0,0012	0,0028	—0,0414	0,840	0,160	0,048	—0,335	0,0058	0,0102	—0,149
3,20	0,956	0,044	0,0134	—0,205	0,0011	0,0026	—0,0415	0,841	0,159	0,048	—0,336	0,0053	0,0092	—0,150
3,40	0,956	0,044	0,0135	—0,205	0,0010	0,0023	—0,0417	0,841	0,159	0,049	—0,336	0,0048	0,0084	—0,151
3,60	0,956	0,044	0,0136	—0,205	0,0009	0,0021	—0,0418	0,841	0,159	0,049	—0,337	0,0044	0,0076	—0,151
3,80	0,956	0,044	0,0136	—0,205	0,0008	0,0019	—0,0419	0,842	0,158	0,049	—0,338	0,0040	0,0070	—0,151
4,00	0,956	0,044	0,0137	—0,206	0,0008	0,0018	—0,0420	0,842	0,158	0,050	—0,338	0,0037	0,0064	—0,152
4,20	0,956	0,044	0,0137	—0,206	0,0007	0,0016	—0,0420	0,842	0,158	0,050	—0,338	0,0034	0,0059	—0,152
4,40	0,956	0,044	0,0138	—0,206	0,0006	0,0015	—0,0420	0,842	0,158	0,050	—0,339	0,0032	0,0054	—0,153
4,60	0,956	0,044	0,0138	—0,206	0,0006	0,0014	—0,0421	0,842	0,158	0,050	—0,339	0,0029	0,0050	—0,153
4,80	0,956	0,044	0,0139	—0,206	0,0006	0,0013	—0,0422	0,842	0,158	0,050	—0,340	0,0027	0,0047	—0,153
5,00	0,957	0,043	0,0139	—0,206	0,0005	0,0012	—0,0423	0,842	0,158	0,050	—0,340	0,0025	0,0043	—0,153

QUADRO 5 — Reacções de apoio, flechas e momentos na viga em ângulo recto, de secção rectangular, sujeita e cargas concentradas (cont.)

altura da viga / largura da viga — Relações	Carga concentrada F à distância $\frac{3}{4}$ l do apoio 1							Carga concentrada F no nó 2			
	R_1 × F	R_2 × F	f_2 × $\frac{Fl^3}{EI}$	Momentos flectores M_{1-2} × Fl	M_{2-1} × Fl	M_{2-3} × Fl	M_{3-2} × Fl	$R_1 = R_3$ × F	f_2 × $\frac{Fl^3}{EI}$	Momentos flectores $M_{1-2} = M_{3-2}$ × Fl	$M_{2-1} = M_{2-3}$ × Fl
0,10	0,654	0,346	0,063	— 0,338	0,0660	0,105	— 0,241	0,500	0,090	— 0,348	0,152
0,20	0,655	0,345	0,064	— 0,341	0,0646	0,102	— 0,242	0,500	0,093	— 0,352	0,148
0,30	0,657	0,343	0,065	— 0,344	0,0630	0,099	— 0,244	0,500	0,095	— 0,356	0,144
0,40	0,659	0,341	0,066	— 0,347	0,0613	0,095	— 0,247	0,500	0,097	— 0,361	0,139
0,50	0,660	0,340	0,068	— 0,351	0,0594	0,091	— 0,249	0,500	0,100	— 0,367	0,133
0,60	0,662	0,338	0,070	— 0,355	0,0572	0,086	— 0,252	0,500	0,103	— 0,372	0,128
0,70	0,663	0,337	0,071	— 0,359	0,0549	0,082	— 0,255	0,500	0,106	— 0,378	0,115
0,80	0,665	0,335	0,073	— 0,362	0,0524	0,077	— 0,258	0,500	0,109	— 0,385	0,122
0,90	0,667	0,333	0,075	— 0,367	0,0498	0,072	— 0,261	0,500	0,112	— 0,391	0,109
1,00	0,668	0,332	0,076	— 0,370	0,0476	0,069	— 0,264	0,500	0,115	— 0,397	0,103
1,20	0,670	0,330	0,080	— 0,378	0,0425	0,060	— 0,269	0,500	0,121	— 0,409	0,0913
1,40	0,672	0,328	0,083	— 0,385	0,0378	0,053	— 0,275	0,500	0,126	— 0,419	0,0805
1,60	0,674	0,326	0,085	— 0,390	0,0337	0,046	— 0,280	0,500	0,131	— 0,429	0,0712
1,80	0,675	0,325	0,088	— 0,396	0,0299	0,041	— 0,284	0,500	0,135	— 0,437	0,0629
2,00	0,667	0,323	0,090	— 0,400	0,0266	0,036	— 0,287	0,500	0,139	— 0,444	0,0556
2,20	0,677	0,323	0,092	— 0,404	0,0237	0,032	— 0,291	0,500	0,142	— 0,451	0,0494
2,40	0,678	0,322	0,093	— 0,407	0,0212	0,028	— 0,293	0,500	0,145	— 0,456	0,0440
2,60	0,679	0,321	0,094	— 0,410	0,0190	0,025	— 0,296	0,500	0,147	— 0,461	0,0394
2,80	0,679	0,321	0,096	— 0,412	0,0171	0,023	— 0,298	0,500	0,149	— 0,465	0,0354
3,00	0,680	0,320	0,096	— 0,414	0,0155	0,020	— 0,300	0,500	0,151	— 0,468	0,0319
3,20	0,680	0,320	0,097	— 0,416	0,0140	0,018	— 0,301	0,500	0,152	— 0,471	0,0289
3,40	0,681	0,319	0,098	— 0,418	0,0128	0,017	— 0,303	0,500	0,154	— 0,474	0,0263
3,60	0,681	0,319	0,099	— 0,419	0,0117	0,015	— 0,304	0,500	0,155	— 0,476	0,0240
3,80	0,681	0,319	0,099	— 0,420	0,0107	0,014	— 0,305	0,500	0,156	— 0,478	0,0219
4,00	0,681	0,319	0,100	— 0,421	0,0099	0,013	— 0,306	0,500	0,157	— 0,480	0,0202
4,20	0,682	0,318	0,100	— 0,422	0,0091	0,012	— 0,307	0,500	0,157	— 0,481	0,0186
4,40	0,682	0,318	0,101	— 0,423	0,0084	0,011	— 0,307	0,500	0,158	— 0,483	0,0172
4,60	0,682	0,318	0,101	— 0,424	0,0078	0,010	— 0,308	0,500	0,159	— 0,484	0,0159
4,80	0,682	0,318	0,101	— 0,425	0,0072	0,009	— 0,308	0,500	0,159	— 0,485	0,0148
5,00	0,682	0,318	0,102	— 0,425	0,0067	0,009	— 0,309	0,500	0,160	— 0,486	0,0138

Resumo dos artigos publicados na «Técnica» n.º 420

Ano XLIX — Setembro 1974

HELDER COELHO — C. D. U. 37.01

34 TESES SOBRE «O ENSINO»

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 215-217

HELDER COELHO — C. D. U. 37.01 (469)

A NOÇÃO DE PROBLEMA — TÓPICOS PARA O ESTUDO DO LUGAR OCUPADO PELOS «PROBLEMAS» NO MODELO DE ENSINO DE UMA CIÊNCIA EM PORTUGAL

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 219-221

L. VEIGA DA CUNHA — C. D. U. 371.3:627

O ENSINO DA ENGENHARIA DE RECURSOS HÍDRICOS

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 223 - 226

Os novos problemas que actualmente se levantam relativamente à utilização dos recursos hídricos determinam a necessidade da formação de pessoal técnico qualificado com o nível superior. Surge assim, o interesse em preparar, ao nível de pós-graduação, engenheiros de recursos hídricos com uma sólida formação interdisciplinar que lhes permita abordar globalmente as diversas facetas dos problemas da água e assegurar uma eficaz coordenação e complementação das actividades dos especialistas que interferem nos vários aspectos dos planos de desenvolvimento e utilização dos recursos hídricos.

Nesse trabalho discute-se a importância da actividade dos engeheiros de recursos hídricos e analisa-se a estrutura dos cursos de engenharia e recursos hídricos, apresentando-se em Anexo, a título exemplificativo, um elemento de disciplinas destes cursos.

C. D. U. 371.214:624

E. R. ARANTES E OLIVEIRA, A. CARVALHO QUINTELA
A. F. TOVAR DE LEMOS

PROPOSTA PARA REESTRUTURAÇÃO DOS CURSOS DE ENGENHARIA CIVIL

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 227 - 231

C. D. U. 371.214:538

ANTÓNIO DE MORAIS S. S. LUCAS E COSTA BROTAS

RELATÓRIO SOBRE O ENSINO DA CADEIRA DE FÍSICA III (ELECTROMAGNETISMO) DO I. .S T.

Técnica 420 — XLIX — 9-1974, p. 233 - 234

C. D. U. 378.1

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Regulamento Provisório da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 237 - 238

C. D. U. 691.175-498:624.2:625.8

ACÁCIO DA CONCEIÇÃO

O NEOPRENO COMO TAPA-JUNTAS EM PONTES E PAVIMENTOS RODOVIÁRIOS

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 239 - 252

O uso de tapa-juntas e vedantes desenvolveu-se e melhorou extraordinariamente em todos os ramos da Engenharia Civil, graças às recentes resinas e polímeros sintéticos baseados em borrachas e polissulfuretos, em poliuretanos e em resinas epoxílicas.

Neste trabalho faz-se um sumário da matéria, em face da bibliografia mais recente sobre o assunto, e com o principal objectivo de comparar as características dos produtos do neopreno para tapa-juntas e vedantes. No capítulo 1 (Introdução), indicam-se os tipos gerais de juntas e de materiais para tapa-juntas. Transcrevem-se quadros-resumo com a classificação, características, e selecção de tapa-juntas consoante as utilizações práticas mais específicas (de acordo com o «ACI Committee 504 — Guide to Joint Sealants for Concrete Structures»). Nos capítulos 2 e 3 analisam-se as características dos produtos de policloropreno (Neopreno) para uso em construção civil e em juntas de pontes e pavimentos rodoviários e conclui-se sobre a sua eficiência e economia para utilizar em condições de serviço relativamente severas.

C. D. U. 532.517.4:532.574.6

D. F. G. DURÃO e J. H. WHITELAW

INTERPRETAÇÃO DO SINAL DO FIO QUENTE EM ESCOAMENTOS DE ALTA INTENSIDADE DE TURBULÊNCIA

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 253 - 263

Várias sugestões para a interpretação do sinal do fio quente em escoamentos de alta intensidade de turbulência são revistos e os seus méritos relativos apresentados.

Conclui-se que os métodos de avaliação baseados em expansão em série, na obtenção de $\overline{U}$ e $\overline{u'^2}$ começam a ser imprecisos quando a intensidade de turbulência é superior a 20% e na obtenção de $\overline{v'^2}$, $\overline{w'^2}$ e $\overline{u'\ v'}$ esta imprecisão começa a verificar-se quando a intensidade de turbulência ultrapassa 13%.

Descreve-se um novo método que analisa o quadrado do sinal do fio quente linearizado, o qual não tem restrições quando usado em altas intensidades de turbulência. Teoricamente não há limite inferior no uso deste método, mas a experiência dos autores leva-os a recomendar o não uso deste método para intensidades de turbulência inferiores a 20%.

J. S. BRAZÃO FARINHA — C. D. U. 624.041.2:518.6

VIGA ANGULAR SIMÉTRICA DE BARRAS PERPENDICULARES

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 265 - 275

Apresenta-se o formulário respeitante à viga angular simétrica, em ângulo recto e de secção constante, perfeitamente encastrada à flexão e à torção, carregada de qualquer maneira, constituindo uma estrutura a três dimensões, cuja resolução é abordada pelo método de Cross.

Synopsis of articles published in «Técnica» n.º 420

XLIX — September 1974

U. D. C. 378.1

FACULDADE DE ENGENHARIA
DA UNIVERSIDADE DO PORTO

TEMPORARY REGULATION OF THE ENGINEERING FACULTY FROM OPORT UNIVERSITY

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 237 - 238

U. D. C. 691.175-498:624.2:625.8

ACACIO DA CONCEIÇAO

SEALANTS AND JEINT SEALANTS NEOPRENE AS JEINT SEALANTS IN THE CONSTRUCTION OF BUILDING BRIDGES AND ROAD PAVEMENTS

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 239 - 252

Modern resins and synthetic polymers based on rubber and polysulfides, on polyurethanes and on epoxy resins, have brought about an extraordinary development and improvement in the use of watersteops and field moulded and preformed joint sealants, in all branches of Civil Engineering. The paper gives an aperçu of tthe subject, as dealt wits in the most recent literature on the matter, with a view to comparing the characteristics of neoprene products as sealants and joint sealants. Chapter I (Introducion) describes the general types of joints and joint sealants. It contains summarized tables with the classification, characteristics and selection of sealants according to the most specific practical uses (as per «ACI Committee — Guide to Joint Sealants for Concrete Structures»). Chapters 2 and 3 analyse the characteristics of neoprene products por use in building and in bridge and road pavement joints. It was concluded that these products are both efficient and economical, even when used under rather severe conditions.

U. D. C. 532.517.4:532.574.6

D. DURÃO e J. H. WHITELAW

THE EVALUATION OF HOT-WIRE SIGNALS IN HIGHLY TURBULENT FLOWS

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 253 - 263

Various suggestions for the interpretation of hot-wire signals in highly turbulent flows are reviewed an their relative merits assessed.
It is concluded that evaluation methods based in a binomial expansion become significantly inaccurate in $\overline{U}$ and $\overline{u'^2}$ if the intensity of turbulence is greater than approximately 20% and in $\overline{v^2}$, $\overline{w'^2}$ and $\overline{u'v'}$ if the intensity is greater than approximately 13%. The magnitude of the errors increases with intensity.
A new method is described which evaluates the squared signal from a linearized hot-wire and has no restriction lower limit in using this method but the authors' experience when used in highly turbulent flows. Theoretically thre is no suggests that the method cannot be recommended for intensities or turbulence lower than 20%.

J. S. BRAZÃO FARINHA U. D. C. 624.041.2:518.6

SYMMETRIC ANGULAR BEAM WITH PERPENDICULAR BARS

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 265 - 275

This paper presents the right and symmetrical angular fixed-end beam in the space, analysed by the Cross method.

HELDER COELHO U. D. C. 37.01

34 THESIS ABOUT «TEACHING»

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p.215 - 217

HELDER COELHO U. D. C. 37.01 (469)

PROBLEM NOTION-STUDY OF THE PLACE OCCUPIED BY THE «PROBLEMS» IN THE TEACHING MODEL OF A SCIENCE IN PORTUGAL

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 219-221

L. VEIGA DA CUNHA U. D. C. 371.3:627

ENGINEERING TEACHING OF HYDRICAL RESOURCES

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 223 - 226

The problems arising in the field of water resources have shown a need for qualified personnel with a high level of technical education, that is, graduate water resources engineers with a sound interdisciplinary knowledge, thusmeing able to tacke the different aspects of water problems as a whole and to ensure a good coordination and complementation of the activities of the specialists who deal with the different aspects of the plans for the development and the of the activity of water resources engineers and analyzes use of water resources. The paper discusses the importance thestructure of water resources engineering courses. A tentative list of subjects covered by these courses is given as Annex.

U. D. C. 371.214:624

E. R. ARANTES E OLIVEIRA, A. CARVALHO QUINTELA
A. F. TOVAR DE LEMOS

A WAY FOR THE RESTRUTURATION OF CIVIL ENGINEERING COURSES

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 227 - 231

U. D. C. 371.214:538

ANTONIO DE MORAIS S. S. LUCAS E COSTA BROTAS

PHYSICS III'S TEACHING (ELECTROMAGNETISM) IN THE I. S. T.

Técnica N.º 420 — XLIX — 9-1974, p. 233 - 234

Publicidade com critério.

Anuncie na

técnica REVISTA DE ENGENHARIA

TOPOGRAFIA GERAL

2.° VOLUME

PELO ENG.° **A. C. XEREZ**

Preço 180$00

Descontos: 10% aos assinantes

Pedidos à TÉCNICA

BLOCOS DE ALVENARIA
E PAVIMENTO

BETÕES DE ISOLAMENTO
E DE ENCHIMENTO

BETÕES RESISTENTES
E REFRACTÁRIOS

PRÉFABRICADOS

PAINEIS PAREDE

Leca

Leca

ARGILA EXPANDIDA

O INERTE RESISTENTE, LEVE, ISOLANTE

Leca

ARGILEX S. A. R. L.

Av. António Augusto de Aguiar, 150 F. 2.° E.
Telef. 4 78 62 LISBOA 1

ELECTRO-ARCO, LDA.

ELÉCTRODOS * POSTOS ACESSÓRIOS

PARA A SOLDADURA ELÉCTRICA

★

MATERIAL APROVADO PELOS

LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING
BUREAU VERITAS
GERMANISCHER LLOYD

LISBOA
Rua Silva Carvalho, 239
Telefs. 68 36 49 - 68 49 93

FÁBRICA E LABORATÓRIOS
Venda Nova — Amadora
Telefs. 97 06 13 - 97 17 33

PORTO
Rua do Bolhão, 216
Telefs. 2 12 77 - 39 44 73

Já pensou...

... que o seu anúncio
é muito eficaz se for
publicado na revista que
os seus clientes lêem?
Os milhares de exemplares
de cada número da nossa revista
são lidos por engenheiros
e técnicos, por pessoas ligadas
à indústria, à investigação, ao
ensino, pelos seus clientes,
em suma. Consulte-nos

técnica REVISTA DE ENGENHARIA

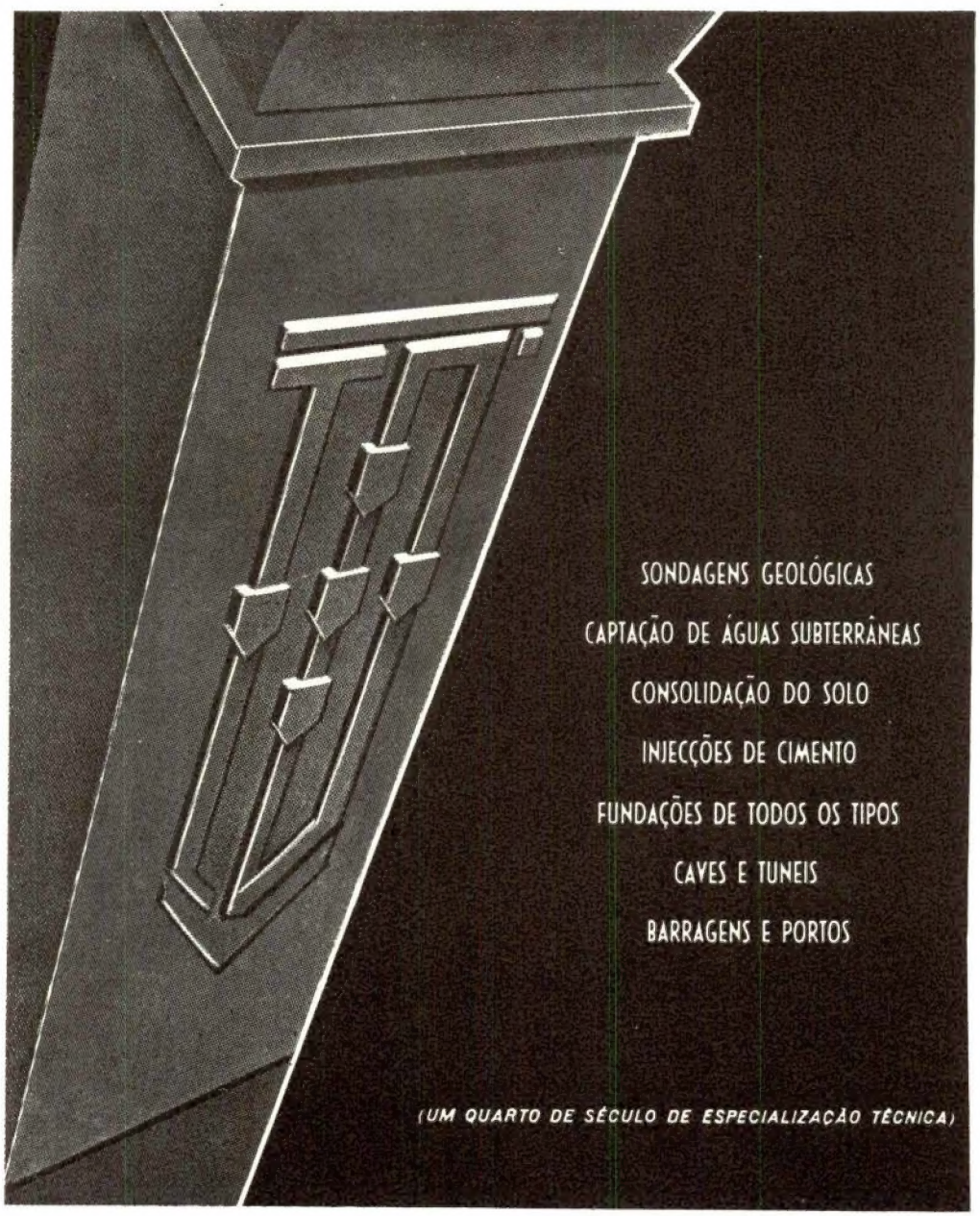
Avenida Rovisco Pais - Lisboa 1 - Telef. 73 15 49

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

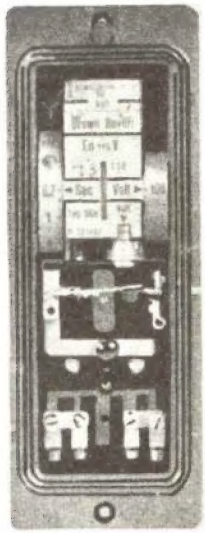
AV. DA REPÚBLICA, 42, 8.º
TELEFS. 77 70 86/7 e 77 12 65

LISBOA

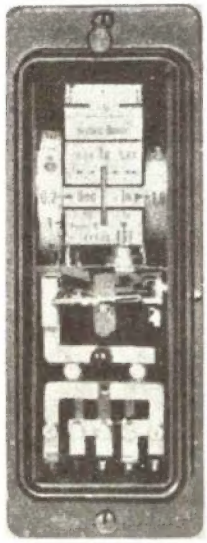


Protegei as vossas máquinas, aparelhos, e instalações, dos perigos externos e internos utilizando relés

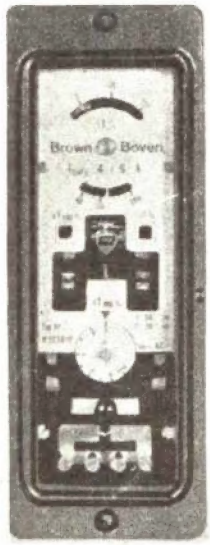
BROWN BOVERI



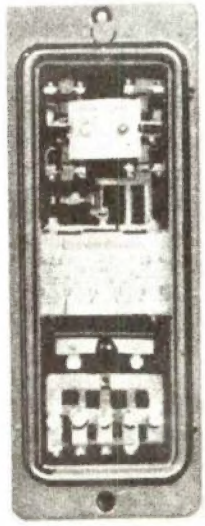
Sobretensão



Sobrecarga curto-circuito

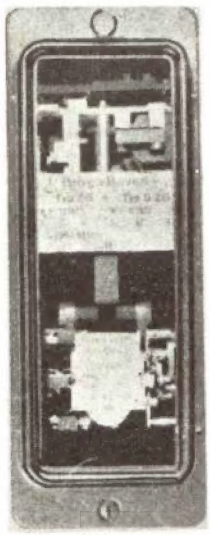


Sobrecarga térmico

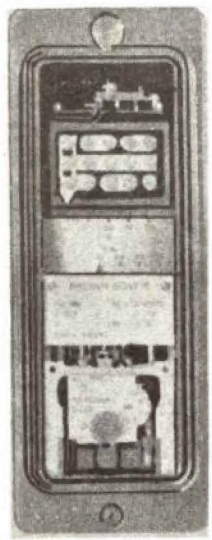


Sobrecarga instantâneo

Frequência



Cargas assimétricas



Diferencial

Terra

Os nossos Serviços Técnicos podem auxiliar a resolver os vossos problemas sobre protecções.